



Ж

3
2015

ЭНЕРГИЯ И ВИДЫ







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

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

Подписано в печать 4.03.2014

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

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Гордона Вебе. Изменение
климата волнует всех и всегда.
Читайте об этом в статье
«Климат: глобальное и
экстремальное».

С увеличением границ знания
их становится
просто некому охранять

Александр Коригодский

Содержание

Проблемы и методы науки

КЛИМАТ: ГЛОБАЛЬНОЕ И ЭКСТРЕМАЛЬНОЕ. А. А. Рузмайкин 2

Проблемы и методы науки

ВОЛШЕБНАЯ ЛАМПА. Е. Г. Приказюк 8

Технологии

МОНОЛИТ ИЗ ПОРОШКА. С. М. Комаров 16

Страницы истории

ТАИНА БЕЛОГО МЕТАЛЛА. О. Р. Воробьева 21

Элемент №...

ТАЛЛИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А. Мотыляев 24

Хемоскоп

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ШКОЛЬНУЮ РЕАКЦИЮ.
СМОЖЕТ ЛИ ЦИНК РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ БЕСПЛОДИЯ? В. Барановская 26

О веществе по существу

АДАМАНТАН. А. Паевский 28

Проблемы и методы науки

СИНДРОМ ХОРОШЕГО ПОВЕДЕНИЯ. Н. Л. Резник 30

Проблемы и методы науки

ДИКОЕ, НО ДОМАШНЕЕ. Н. Л. Резник 34

Дневник наблюдений

КОШКИ ХОДЯТ И ГОВОРЯТ. Помпоний Квадрат 36

Проблемы и методы любви

ГЛАВНОЕ ЖЕНСКОЕ ДОСТОИНСТВО. Д. А. Жуков 38

Нанофантастика

ШАЙБУ! Наталья Духина 41

Тематический поиск

ВОЙНА ЛЮБВИ. Е. Клещенко 42

Размышления

ЧЕРНАЯ ДЫРА В КИНЕМАТОГРАФЕ. П. Р. Амнуэль 44

Размышления

ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ — В ТЕБЕ И ВО МНЕ. Л. Хатуль 48

Калькулятор

ТЕМНЫЕ ФАНТАЗИИ АСТРОФИЗИКОВ. Ф. Манилов 50

Книги

БЕСПАРТИЙНЫЙ БОЛЬШЕВИК. К. Г. Михайлов 52

Что мы едим

МАРМЕЛАД. Н. Ручкина 54

Фантастика

ОДИН ДЕНЬ ГЕРМИОНЫ РЕН. Ольга Рейн 56

Неизвестный Лем

ГАРМОНИЯ ИЗ ХАОСА. ВОПРОС. 64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	6	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ	12	ПИШУТ, ЧТО...	62
ИНФОРМАЦИЯ	15, 29, 61	ПЕРЕПИСКА	64
КНИГИ	49		



Художник В. Камаев

Климат: глобальное и экстремальное

А.А.Рузмайкин

Лаборатория реактивного движения (JPL), Калифорнийский технологический институт

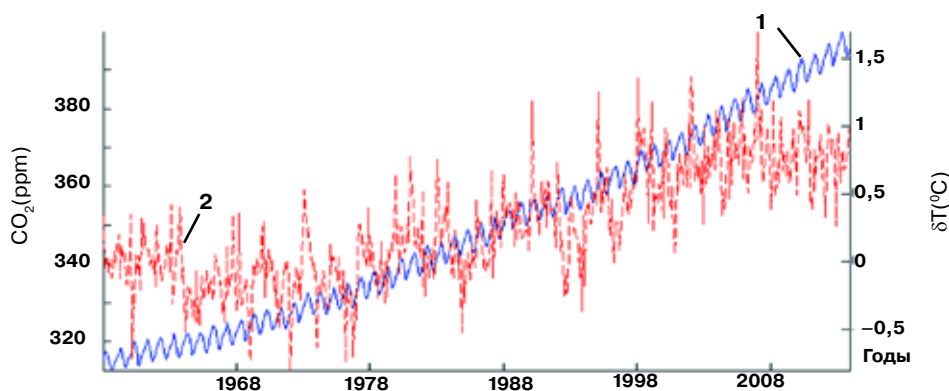
Два величайших тирана на земле — случай и время.

Иоганн Гердер

Пауза в глобальном потеплении

Жаркие споры о том, считать ли глобальное потепление реальным природным явлением или всего лишь артефактом, возникшим из-за несовершенства численного моделирования, приостановились из-за непредсказанного изменения климата. Антропогенные выбросы газов, поглощающие тепло

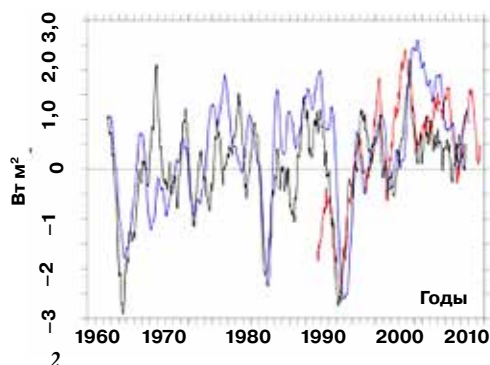
Земли и препятствующие излучению теплового потока Земли в космос, продолжают, а температура расти перестала (рис. 1). Годовое увеличение интенсивности выбросов углерода в 2003—2012 годы составило в среднем около 10 гигатонн углерода (Гт (с)) в год (Le Quere et al., 2014, «Earth System Science Data», 6, 235—263, doi: 10.5194/essdd-6-689-2013). Хотя около половины этих выбросов поглощается океаном и поверхностью суши, рост содержания CO_2 для указанного десятилетия в атмосфере оставался очень высоким: $4,3 \pm 0,1$ Гт (С)/год. Среднее дневное содержание углекислого газа в воздухе, измеренное 9 мая 2014 года на горе Мауна-Лоа (Гавайские острова), достигло отметки 400 ppm. Такого результата не



1
Содержание углекислого газа в атмосфере Земли по измерениям в обсерватории на горе Мауна-Лоа (1) и изменение глобальной температуры (2) по данным британского Центра Хадли в 1958–2013 годах. С 1998–2000 годов температура не растет

видели ни разу за все время наблюдений, а они ведутся с 1958 года. При подобном количестве CO_2 в атмосфере можно было ожидать, что глобальная температура приземной поверхности повысится не менее чем на $0,1^\circ\text{C}$. Однако в последние 15 лет глобальная температура Земли не растет сколько-нибудь существенно. Исследователи, занимающиеся вопросами климата, назвали эту приостановку «паузой в глобальном потеплении» (climate hiatus).

Приостановку глобального потепления не предсказывала ни одна из численных моделей климата, однако вскоре появились несколько разумных объяснений случившегося. Одно из них (K. K. Tung and J. Zhou, «Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2013, 110, 6, 2058–2063, doi:10.1073/pnas.1212471110) таково. В конце XX века дополнительное тепло, вызывавшее глобальное потепление, оставалось около земной поверхности. А в XXI веке увеличился отток избыточного тепла в океан, в том числе в его глубинные слои, и повышение температуры приземного



2
Среднее глобальное поглощение тепла Мировым океаном за последние 50 лет, оценка по трем различным источникам данных; поглощение и отдача тепловой энергии океаном изменяются с ходом времени, но за последнее десятилетие тепло уходит в основном в океан.

По: Drijfhout et al., «Geophysical Research Letters», 2014, 41, 22, 7868–7874, doi: 10.1002/2014GL061456

слоя воздуха замедлилось. Как долго океан будет отводить избыточное тепло? Согласно имеющимся моделям циркуляции, примерно 30 лет, то есть нынешняя пауза продлится еще лет 15. Эта оценка подтверждается экспериментальными и теоретическими данными о тепловом режиме океана: перенос тепла за 10 лет (1990–2000) увеличился на $0,7 \pm 0,3 \text{ Вт/м}^2$, а в десятилетие с 2001 по 2009 год он был больше, чем в любое из предшествующих десятилетий (рис. 2). Похоже, что включение в игру океана оправдывает «глобальность» изменения климата.

Несмотря на то что глобальное потепление затормозилось, заметные локальные изменения климата происходят во многих регионах Земли. Это подтверждают данные Американского метеорологического общества. Год 2013-й был самым теплым в Австралии за весь период наблюдений, в Аргентине — вторым из самых теплых, а в Новой Зеландии — третьим. Станция «Амундсен-Скотт» сообщила о самой высокой температуре на Южном полюсе со времени начала наблюдений в 1957 году. У другого полюса Земли, в Арктике, 2013 год был седьмым из самых теплых со времени начала наблюдений, то есть с начала XX века; в этом регионе наблюдалось значительное уменьшение массы морского льда. Рекордно высокие температуры были зафиксированы на 20-метровой глубине в области некоторых мерзлотных станций в округе Норт-Слоун и на хребте Брукс на Аляске, в Северном полушарии отмечены необычные выпадения осадков.

Не означает ли это, что во время паузы в глобальном потеплении поверхности Земли в локальные экстремальные события перетекает больше тепловой энергии, вырабатываемой в результате человеческой деятельности, чем во время «обычного» потепления?

Глобальное затишье — локальные экстремумы

На территории многих регионов даже во время паузы в глобальном потеплении происходят настоящие катастрофы. На

рис. 3 приведено число самых теплых дней и самых холодных ночей на различных континентах в течение 60 лет. Видно, что и раньше, в годы перед паузой, «теплая» кривая идет вверх, а «холодная» вниз, то есть число теплых дней росло, а холодных ночей падало. Однако во время самой паузы амплитуда отклонений от глобальной усредненной температуры увеличивалась почти на всех континентах.

Более резко экстремальные события проявляются в периоды аномальной жары и штормовой активности океанов. Пиковые значения температуры, самые высокие из зафиксированных за последние десятилетия, были отмечены в европейской части России летом 2010 года, когда много дней подряд воздух нагревался до 35°C и выше. Эта жара сильно сказалась на здоровье людей и на экологической обстановке. В том же году значения температуры воздуха в Азии достигли самой высокой точки за всю историю достоверных измерений, пиковое значение доходило до $53,5^\circ\text{C}$ (Пакистан, май 2010 года).

В 2013 году на земном шаре увеличилась частота тропических циклонов — их было 94, это на 10% выше среднегодового значения. Осенью 2013 года на Филиппины обрушился самый разрушительный циклон того года — супертайфун «Хайан». Скорость ветра 7 ноября в течение целой минуты сохранялась на уровне $87,5 \text{ м/с}$ — впервые за всю историю наблюдений тропических циклонов. «Хайан» сопровождала высокая штормовая волна, вызвавшая оползни в центральных районах Филиппин. Но в том же 2013 году на севере Атлантического бассейна было спокойно, зафиксированное число циклонов оказалось наименьшим с 1994 года.

Самые суровые по своим последствиям экстремальные события — наводнения и засухи. Наводнения в Центральной Европе в мае 2013 года были вызваны дождями, выпало рекордное количество осадков за 150 лет метеонаблюдений. В августе того же года сильнейшее наводнение произошло в Амурской области, его вызвал пришедший из Китая тайфун «Утор» — уровень воды в Амуре превысил столетний максимум.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

3
Число самых теплых дней (слева) и самых холодных ночей (справа) на Земле в 1950—2020 годы. Светлые кривые показывают колебания в различных регионах Земли (Австралия, Северная Америка, Европа и Азия)

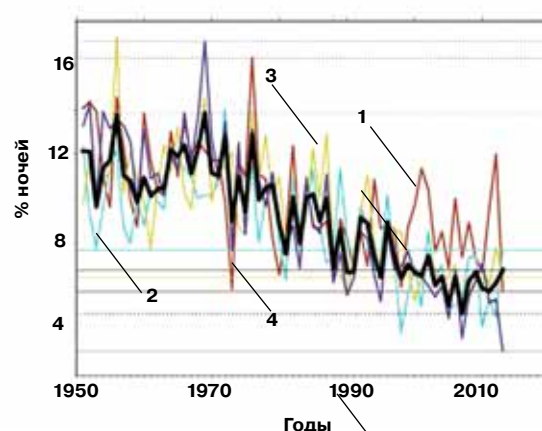
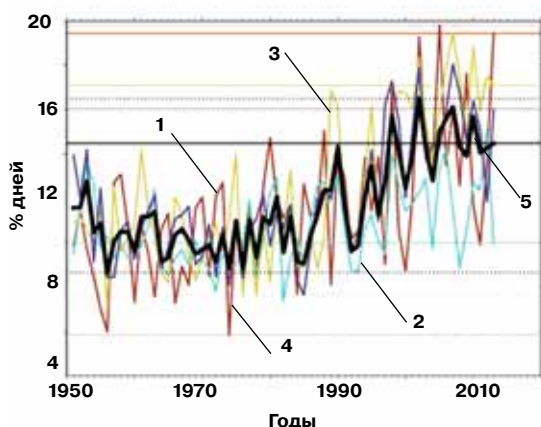


Рисунок из Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 95, No. 7, 2014

Из-за изменения климата более половины поверхности земной суши подвержено засухам, которые с 1900 по 2011 год уже привели к гибели более 11 миллионов человек и от которых пострадали более 2 миллиардов человек. В Европе засухи происходят все чаще, с 1976 по 2006 год они причинили ущерба приблизительно в 100 миллиардов евро.

Засухи уменьшают посевные площади, губят урожай, производство продуктов питания сокращается — а ведь население Земли с каждым годом увеличивается. Сильнейшая за 32 года засуха в Никарагуа недавно побудила правительство этой страны рекомендовать населению разводить и есть игуан, дабы восполнить недостаток животного белка. Штат Калифорния, производящий более 90% фруктов и овощей в США, в последние четыре года переживает мегазасуху. Если процесс продолжится, то из продажи могут исчезнуть популярные овощи и фрукты: салат, капуста, сладкий перец, морковь, клубника, персики, сливы и т. п. Эта засуха на юге Соединенных Штатов действительно экстремальная, так мало осадков не выпадало даже в самые засушливые годы за всю историю наблюдений с 1895 года. Мегазасуха наблюдается и в районе реки Амазонки на площади в два раза большей, чем площадь Калифорнии. Там засуха началась еще в 2005 году, она уже причинила огромный ущерб самому большому на планете тропическому лесу. Напомним, что Соединенные Штаты и регион Амазонки производят половину продуктов питания в мире. Чтобы накормить людей планеты, в последующие 50 лет человечеству придется произвести больше продуктов питания, чем за прошедшие 10 тысяч лет. Справимся ли мы с этим?

Наука задумалась об экстремумах

Наука об экстремумах началась почти одновременно с XVIII веком. В 1709 году швейцарский математик Николай Бернулли задался вопросом: если n человек одного возраста умирают за t лет,

какова ожидаемая продолжительность жизни последнего из выживших? Он предложил такое решение: расположим случайным образом n точек на отрезке длиной t , повторим процедуру много раз и найдем среднее из самых больших значений продолжительности жизни, то есть из максимальных в каждой из многих подборок по n человек. Отсюда берет начало статистика экстремумов. Николай Бернулли и его брат Даниил, известный своими пионерскими работами по гидродинамике, были одними из первых иностранных членов, приглашенных в 1725 году в только что учрежденную Санкт-Петербургскую академию наук.

Статистика экстремумов совсем иная, чем обычная статистика больших чисел, основанная на центральной предельной теореме теории вероятностей. Эта теорема утверждает: сумма большого числа случайных величин имеет неслучайное среднее значение, и отклонение от этого значения подчиняется закону Гаусса. Поскольку число экстремумов (пиков) очень мало, то есть события редки, то обычные методы анализа, применяемые, когда событий много, для них не годятся. Однако математики XX века придумали, что делать со «статистикой малых чисел», с редкими событиями. Одну из первых попыток разобраться во всем этом сделал польский статистик Владислав фон Борткевич (1868—1931), или Владислав Иосифович, так его называли в России (он родился, учился и какое-то время работал в Санкт-Петербурге). В 1898 году Борткевич опубликовал в Лейпциге работу «Das Gesetz der kleinen Zahlen» («Закон малых чисел»). Он рассматривал, в частности, как можно предсказать вероятность того или иного несчастного случая, если известно число подобных происшествий в предшествующие годы — очень небольшое, но для большой группы лиц. Одна из его знаменитых задач — как оценить вероятность смерти офицера прусской армии от удара лошадиным копытом.

Фундамент статистики малых величин заложили выдающиеся ученые Рональд Фишер (1890—1962), Леонард Типпет

(1902—1985) и Борис Владимирович Гнеденко (1912—1995). В результате появилась теорема Фишера — Типпета — Гнеденко: вероятность появления максимально больших или максимально малых событий в системе из n независимых одинаково распределенных случайных событий должна подчиняться «обобщенному распределению вероятности экстремальных значений». Важное свойство этого распределения — более высокий хвост в распределении, чем в распределении по Гауссу. Это означает более высокую вероятность появления экстремальных, чрезвычайных событий. Однако эта теорема касается только распределения интенсивности экстремумов, но прямо не отвечает на вопрос, как часто экстремумы возникают. Для решения практических задач хотелось бы знать временные интервалы между экстремумами. Если распределение по времени подобно поступлению случайных телефонных звонков, подчиняется классическому закону Пуассона, то промежутки времени между последовательными событиями распределяются по экспоненциальному закону. Однако время появления экстремумов не подчиняется простому классическому закону, и вот почему.

Положение о независимости событий не является чисто математическим допущением. Реальные события, хоть они и редки, обычно случаются группами, кластерами, что отражено в пословицах «Беда не приходит одна» или «Где один гриб, там и другой». По закону Пуассона распределено только время между появлениями самих кластеров. А средний интервал между событиями внутри кластера зависит от того, какие события считать экстремальными. Американский математик Тайлен Хсин (Tailen Hsing) показал, что если асимптотически увеличивать пороговые значения, то интервалы времени между экстремальными событиями сходятся к процессу, который аналогичен обычному пуассоновскому, но с той разницей, что независимыми событиями будут кластеры. Практические методы анализа кластеров экстремаль-

ных событий описаны в работе автора данной статьи («Успехи физических наук». Т. 184. 2014, № 3).

Некоторые модельные исследования кластеров показывают, что экстремальные температурные явления — самые холодные ночи, самые теплые дни и экстремальные количества выпавших осадков — значительно отличаются от аналогичных явлений, имевших место ранее, в доиндустриальных условиях. Но большинство моделей не предсказывает увеличения числа экстремальных погодных событий во время глобального потепления. А что происходит во время паузы в глобальном потеплении?

Куда девается все это тепло?

Куда девается в период паузы в потеплении климата все то дополнительное тепло, которое производит человечество? Понятно, что часть его поглощается океаном. Но что, если остальное расходуется на увеличение интенсивности экстремальных погодных явлений? Исследователи климата пока еще не пришли к согласию в вопросе о том, возросло ли в период глобального потепления количество экстремальных событий и увеличилась ли их интенсивность, а также продолжают ли эти величины возрастать, несмотря на паузу в потеплении.

Чтобы проиллюстрировать эту проблему «на пальцах», представим себе, что чайник с водой поставили на кухонную плиту. Вначале тепло от горелки благодаря теплопроводности воды распространяется вверх медленно, движения воды нет. Но после достижения некоторого порога нагревания наблюдается интенсивный перенос тепла большими массами жидкости. Этот процесс называется конвекцией. Можно предположить, что аналогичный порог поглощения тепла океанами уже пройден и начался интенсивный перенос поглощенного тепла в атмосферу и в глубины океана. В рамках нашей аналогии горелка — это поверхность Земли, тепло распространяется одновременно вверх, в более прохладные и менее плотные верхние слои атмосферы, и вниз, в более прохладные и более плотные слои океанских глубин.

Однако эта аналогия не учитывает сопротивляемости климатической системы Земли по отношению к изменениям. Известно, что сильная влажностная конвекция над океанами чаще всего происходит, когда значения температуры поверхности превышают пороговое значение — около 27°C; превышение порогового значения необходимо для выброса достаточного количества энергии в приграничный слой атмосферы. Если бы этот порог сохранялся со временем

вблизи значения 27°C, то область океанской поверхности, характеризующаяся сильной конвекцией, по мере потепления климата увеличивалась бы. Иными словами, циклоны стали бы сильнее и многочисленнее. Однако атмосфера, в отличие от чайника, приспосабливается к изменениям в приповерхностных слоях. Когда температура поверхности повышается, растет и температура в верхней части тропосферы. Как показали американские исследователи Нат Джонсон и Шанпин Се («Nature Geoscience», 2010, 3, 842—845, doi:10.1038/ngeo1008), из-за этого конвективный порог, определяемый разницей температур на ее нижней и верхней границах, оказывается тесно связанным со средней температурой поверхности моря в тропической зоне: теплеет поверхность океана — нагревается и тропосфера. По этому поводу Всемирная метеорологическая организация пока что пишет: «Остается неясным, превысили ли последние изменения тропической штормовой активности порог изменчивости, вызванной предположительно природными причинами».

Прогнозы на отдаленное будущее, основанные на модельных исследованиях с высоким разрешением, показывают, что потепление, вызываемое ростом содержания CO₂, приведет к увеличению глобально усредненной интенсивности тропических циклонов. К весьма удаленному 2100 году она вырастет, согласно численным оценкам, на 2—11%. Тропические циклоны будут появляться на 6—34% реже, зато очень мощные циклоны — существенно чаще.

Океаны покрывают приблизительно 71% земной поверхности, остальное — суша: что будет с ней? Суша и Мировой океан связаны через атмосферу, это обеспечивает относительно быстрый тепло- и водообмен между ними, поскольку атмосфера — наиболее быстро изменяющийся компонент климатической системы Земли. Однако суша с ее горами, растительностью и пресной водой — очень сложная система. Увеличение поглощения тепла Мировым океаном, приводящее к охлаждению океанской поверхности во время паузы в глобальном потеплении, должно, очевидно, усилить теплообмен между сушей и океаном, тем самым оказывая воздействие на атмосферные потоки. Нагревание воздуха над сушей увеличивает вероятность его сильного вертикального движения, следствием могут быть дополнительные ливни и грозы во влажных регионах, а засушливые регионы станут еще суше. Не было ли такое изменение циркуляции «суша — океан» причиной возросшего количества экстремальных погодных событий в последнее десятилетие? Рассматривая



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

противоположную часть циркуляционного контура, мы можем предположить, что, когда температура поверхности моря ниже температуры воздуха, ливни и грозы реже над океаном и подветренными прибрежными зонами.

Всевластная роль случая

Итак, вопросы о том, в какой степени количество и интенсивность экстремальных погодных событий зависят от антропогенных факторов, то есть от человеческой деятельности, и что происходит в период паузы в глобальном потеплении климата, все еще остаются открытыми. Нет ясности даже в том, закончится ли эта пауза и будет ли климатическая система вести себя, как раньше, когда рост глобальной температуры соответствовал росту содержания парниковых газов. Разумно предположить, что, когда содержание углекислого газа в атмосфере превысит некоторое пороговое значение — скажем, 400 ppm, — система «океан — атмосфера» пройдет точку невозврата к линейному изменению глобальной температуры.

Трудность состоит в том, чтобы выявить, каково поведение случайной системы, подвергающейся медленному воздействию. Будь то глобальное потепление или пауза в глобальном потеплении, нам пока известно, что экстремальные события наступают в соответствии со статистическим законом малых величин. Предсказание таких событий может быть только вероятностным. Даже тот факт, что в минувшее десятилетие мы наблюдали много экстремальных событий, еще не означает, что они происходили на нашей планете из-за паузы в глобальном потеплении поверхности Земли. Как отмечалось выше, теория и проведенные наблюдения за экстремальными событиями указывают на то, что они, как беды в поговорке, часто приходят кластерами. И чем больше мы узнаем об экстремальных событиях из наблюдений, теоретических исследований и моделирования, тем лучше мы понимаем всевластие случая в изменении климата.



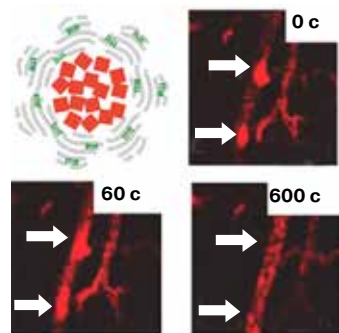
Магнит против тромба

Тромболитику помогают магнитные частицы и маскирующая оболочка.

«Advanced Functional Materials», 11 февраля 2015 года; doi: 10.1002/adfm.201404354

Обычно для удаления тромба в кровеносный сосуд вводят белок tPA — тканевый активатор плазминогена. Это вещество и в норме присутствует в крови, способствуя разрушению фибриновых волокон. Таким образом, его добавка увеличивает скорость рассасывания тромбов. Однако введенная в сосуд доза быстро распределяется по кровеносной системе, и тромб достигает ее незначительная часть. Казалось бы, нужно увеличить дозу, но, если переборщить, может возникнуть кровотечение.

Безопасную альтернативу предлагают исследователи из хьюстонского Методистского исследовательского института во главе с доктором Паоло Десуззи. Они сумели упаковать белок tPA вместе с магнитными наночастицами оксида железа в оболочку из другого имеющегося в крови белка — альбумина. Такая упаковка дает тройное преимущество. Во-первых, магнитные частицы легко концентрировать именно в месте образования тромба. Во-вторых, переменным полем их можно нагреть — замечено, что tPA активнее всего работает при температуре выше 40°C, и, конечно, лучше бы создать такую температуру лишь в небольшом участке организма. А в-третьих, альбуминовая оболочка маскирует содержимое от иммунной системы, и получается запас времени, за которое препарат успеет добраться до тромба. В результате у подопытных мышей скорость рассасывания тромбов возросла в сто раз, а при нагреве — в тысячу по сравнению с введением «голого» активатора плазминогена. Поскольку оксид железа уже разрешен к использованию как контрастный агент при томографии, а tPA с альбумином и так содержится в крови, исследователи надеются быстро перейти к испытаниям нового препарата с участием людей. А врачи ждут его с нетерпением



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

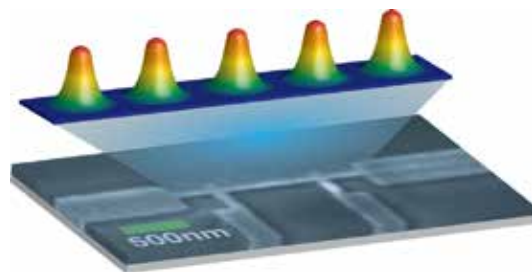
Ловушка для вихря!

Сверхтонкий сверхпроводник обеспечивает хороший ток.

«Physical Review Letters», 8 февраля 2015 года; doi: http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.114.077002

Магнитное поле разрушает сверхпроводящее состояние, но делает это не сразу, а по мере увеличения своей силы. При этом возникают так называемые абрикосовские вихри — вихревые сверхпроводящие токи, обнаруженные в 1957 году советским физиком А.А.Абрикосовым (после перестройки он уехал в США, а в 2003 году получил Нобелевскую премию). Чем сильнее поле, тем больше вихрей и тем слабее сверхпроводящий ток. А магнитные поля неизбежно возникают во всяческих электронных приборах. Как быть?

Выход нашли Нина Маркович из Университета Джона Хопкинса и сотрудники ее лаборатории. Они создали сверхтонкую сверхпроводящую пластинку. Ее размер таков, что по ширине помещается только один вихрь, а по высоте оба его конца выходят на поверхность. В результате вихрь не способен перемещаться. Ток же может его обтекать — места вдоль краев пластинки достаточно. Считается, что такой метод пригодится при проектировании компьютеров на сверхпроводниках. Замечен интересный эффект: ток по мере роста поля осциллирует и каждая осцилляция соответствует появлению еще одного вихря. Пластинка оказывается вихревой квантовой точкой, а сами вихри — носителями информации. Возможно, этот эффект будет использован в каком-нибудь еще не придуманном электронном приборе.



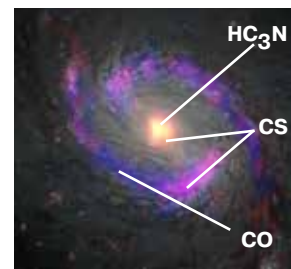
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Органика черной дыры

Газовый пузырь защищает нежные молекулы от жесткого излучения.

Агентство «NewsWise», 25 февраля 2015 года.

От сверхмассивной черной дыры в центре галактики идет мощное жесткое излучение, которое, казалось бы, делает невозможным существование в ее окрестностях сколько-нибудь сложной организованный материи, даже единичных органических молекул: ультрафиолет и гамма-излучение от падающего в дыру вещества должны разрывать межмолекулярные связи. Как показало наблюдение японских астрономов, выполненное под руководством Такано Суро из Национальной астрономической обсерватории Японии, эти общие соображения неверны. Изучая активное ядро галактики M77, они обнаружили именно вблизи центральной черной дыры такие вещества, как цианоацетилен, ацетонитрил, метанол и сульфид углерода. Как это возможно? По мнению исследователей, все дело в облаке газа и пыли, падающего в дыру: его плотность столь велика, что излучение не может проникнуть наружу, и все расходуется на нагрев облака. Это и дает право на существование в районе черной дыры сложных органических соединений. А чуть подальше, в области концентрации звезд, газа и пыли меньше, поэтому там выживают лишь простейшие угарный газ и сульфид углерода.



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

Нейрон из кожи

Клетки кожи удалось перепрограммировать в нейрон гипоталамуса.

«Development», 2015, 142, 633—643; doi: 10.1242/dev.117978

В клеточной инженерии получен очередной важный результат: клетки кожи удалось перепрограммировать в предшественников нейронов гипоталамуса и затем получить из них много различных нейронов, содержащихся в этой важной структуре головного мозга. Гипоталамус известен тем, что выделяет нейропептиды, управляющие множеством реакций человеческого организма. Именно в гипоталамусе находятся нейроны, ведающие аппетитом. Вновь полученные нервные клетки не станут пересаживать пациентам, страдающим от ожирения: ученым они нужны для проведения опытов. Если бы не работа Кевина Эггана и его коллег из Гарвардского университета, подобные опыты были бы невозможны: извлекать клетки гипоталамуса неповрежденными не удавалось не то что из мозга человека, а даже из мозга мыши.

Превращение клеток кожи в нейрон было длительным — оно заняло 30 дней. Нейроны давали вполне удовлетворительную реакцию на поступление в них инсулина и лептина: повышение концентраций этих веществ в крови свидетельствует о том, что организм переваривает пищу. Теперь исследователи больше узнают о нейрофизиологии контроля веса, о различных аномалиях этого процесса и, разумеется, смогут тестировать препараты против ожирения.

Короткая память

Общество не-долго помнит преступников.

Агентств
«AlphaGalileo»,
24 февраля 2015 года.

Циничная поговорка «Умер Максим, да и фиг с ним» неплохо описывает ситуацию в современном обществе. «Несмотря на то что британская пресса ярко освещает серьезные преступления и ход их расследования, несмотря на то что фотографии убийц и их жертв в не покидают экраны телевизоров, публика очень быстро все забывает», — констатирует профессор Дэвид Уилсон из Бирмингемского городского университета.

Согласно проведенному им опросу, восемь из десяти англичан не помнят имен фигурантов самых громких дел последнего десятилетия. Несколько известных преступников могли опознать лишь 2—4% опрошенных. Впрочем, для некоторых общественное мнение сделало исключение: Стивена Лоуренса, убитого «за неверный цвет кожи», помнили 64% (его убийцу — лишь 5%), а двух школьниц, убитых сторожем, узнали 70% (сторожа опознали 51%). Видимо, делает вывод автор исследования, только отдельные преступления, серьезно затрагивающие болевые точки общественного сознания, надолго задерживаются в народной памяти. Если же народ к сопутствующим обстоятельствам безразличен, то даже событие, которое сегодня кажется весьма важным, скоро порастет быльем.

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

Банная польза

Ежедневная сауна в два раза снижает риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний.

Агентство
«AlphaGalileo»,
25 февраля 2015 года.

Исследователи из университета Восточной Финляндии во главе с доцентом Яри Лоуканненом 20 лет наблюдали за самочувствием двух тысяч здоровых финнов среднего возраста. При этом они собирали данные о сердечно-сосудистых заболеваниях, статистику смертей от этих заболеваний, включая внезапные летальные исходы, а также о посещениях сауны.

Всех участников они разделили на три группы: тех, кто ходил в сауну раз в неделю, 2—3 раза в неделю и 4—7 раз в неделю. Согласно их результатам, чем больше банных дней у человека, тем ниже вероятность всяческих проблем со здоровьем. Так, риск внезапной смерти «от сердца» для третьей группы на 61% меньше, чем для первой. Значение имеет и время нахождения в парной. У тех, кто высидит там по 19 минут, та же вероятность на 52% меньше, чем если париться 11 минут.

Однако надо принять во внимание важную национальную особенность: в Финляндии строгойше запрещено нагревать парную выше 90°C (у нас же и 100°C — не предел). И это имеет серьезное обоснование: при более высокой температуре резко увеличивается риск рака дыхательных путей и легких.

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

Назад к парусам

Ветера поможет существенно снизить затраты топлива на международные перевозки.

Агентство
«AlphaGalileo»,
27 февраля 2015 года.

Около 90% всех грузов перевозят морем, тратя на это огромное количество топлива. А как было славно раньше — поставил парус и плывешь себе, не отравляя окружающую среду выхлопом двигателя. Есть, правда, проблема: если ветер дует не туда или его нет вовсе, то никуда и не поплывешь.

Инженеры из Норвегии решили на новом витке развития технологий вернуться к идее ветровой тяги, благо контролирующие органы с 2020 года будут очень жестко спрашивать за загрязнение неба над океаном. Парусом новой модели послужит сам корпус — гигантский корабль сильно возвышается над водой. Согласно расчету, при попутном ветре удастся развить скорость 19 узлов, то есть более тридцати километров в час. На случай отсутствия ветра предусмотрен газовый двигатель, причем одной заправки хватит на 70 дней пути. Газ менее вреден, чем уголь или солярка, поскольку в выхлопе гораздо меньше серы.

А чтобы оптимизировать процесс, норвежцы попросили немецких коллег из Фраунгоферовского центра морских перевозок и служб разработать навигационный модуль. С учетом данных о погоде он так прокладывает маршрут, чтобы обеспечить наибольшую тягу от ветра и сэкономить топливо. Предполагается, что первое судно такого типа будет спущено на воду в 2019 году.



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

Статин на биоконвейере

Средство от плохого холестерина можно получить в одну стадию.

«Proceedings of the National Academy of Science», 17 февраля 2015 года; doi: 10.1073/pnas.1419028112

Статины — это вещества, которые подавляют ключевой фермент, производящий так называемый плохой холестерин. Соответственно его содержание в крови падает, а с ним и риск атеросклероза. Природный статин под названием компактин содержится в грибах, он был выделен Эндо Акиро в середине 70-х из плесени. Однако для фармацевтов он неудобен. В 80-е годы был найден другой статин — ловастатин. Его обнаружили и в высших грибах, например в вёшенке. Чтобы не заставлять население съедать огромное количество грибов, химики придумали методы синтеза статинов, и многие медики считают это важнейшим достижением здравоохранения за последние двадцать лет.

Синтез, однако, сложен и недешев, он включает несколько стадий и последующую очистку. Биотехнологии из Манчестерского университета и дelfтского Центра биотехнологий компании DSM под руководством Кристи Мак-Лин и Марко ван ден Берга сумели все сделать в одну стадию.

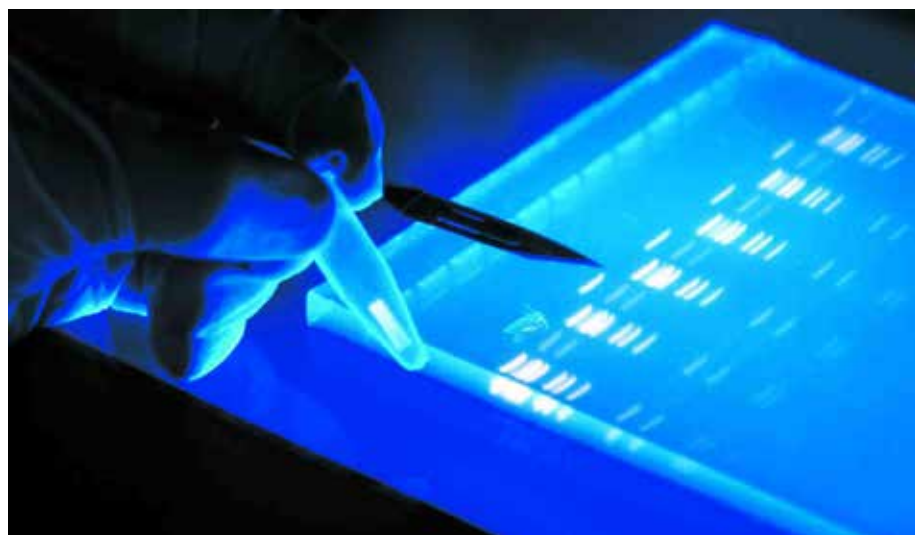
Для этого они перепрограммировали промышленный штамм плесневого грибка *Penicillium chrysogenum*, производящий антибиотики. Сначала из него удалили ген, ответственный за разложение компактина. Затем вставили гены, необходимые для эффективного синтеза компактина. Потом заставили его синтезировать еще и цитохром P450 бактерии *Amycolatopsis orientalis*, этот белок превращает компактин в один самых эффективных статинов — правастатин. Но это превращение шло из рук вон плохо, поскольку получалась смесь стереоизомеров, разделять которые очень дорого. Свойства цитохрома изменили с помощью искусственного отбора и в конце концов добились процесса, синтезирующего чистейший стереоизомер правастатина в количестве шести граммов на литр культуры. Это уже можно внедрять в производство.

Волшебная LAMPa

Е.Г.Приказюк

Современные биологи в большинстве своем работают с генами. Ген — это участок молекулы ДНК, кодирующий РНК (которая, в свою очередь, несет информацию о белке, а возможно, и нет: многие РНК нужны клетке сами по себе). Изучая активность гена и изменения в его работе, чаще всего пользуются методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) и различными его модификациями. Метод позволяет найти ген и сделать множество его копий. Однако прибор и реактивы для ПЦР дороги, а время, необходимое на реакцию, — около двух часов. В этой статье мы расскажем про аналог полимеразной реакции — LAMP (loop-mediated isothermal amplification), позволяющий провести то же исследование в десять раз быстрее, дешевле и, что крайне важно, более специфично.

Как это здорово звучит: я занимаюсь генетикой, работаю с ДНК, РНК, получаю ГМО... Как это странно выглядит: я добавляю прозрачные растворы к прозрачным растворам, ставлю в сложный прибор, который показывает, сколько у меня ДНК или из каких нуклеотидов она состоит. Конечно, целая молекула ДНК, особенно в связи с белками, поддерживающими ее структуру (она же хромосома), еще видна в микроскоп. Но представьте себе один ген, один небольшой участок хромосомы. Чтобы работать



с одним геном, его нужно сначала найти. Найти определенный участок, состоящий из 10 тысяч букв (нуклеотидов), среди трех миллиардов букв (именно таков размер генома человека). Разница в пять порядков — все равно что искать иголку в стоге сена.

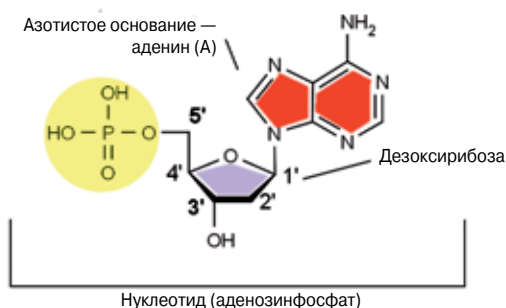
Первым механизм такого поиска в 1983 году запатентовал Кэри Мюллис (Kary Mullis) и через десять лет получил Нобелевскую премию по химии (см. ссылку в конце статьи). Он предложил наработать множество копий исследуемой ДНК — только одного участка, который нас интересует. Метод Мюллisa — полимеразная цепная реакция (ПЦР) — уже почти 30

Результат разделения ДНК в агарозном геле. В качестве красителя, связывающего ДНК, использован бромистый этидий, съемка сделана в УФ-свете

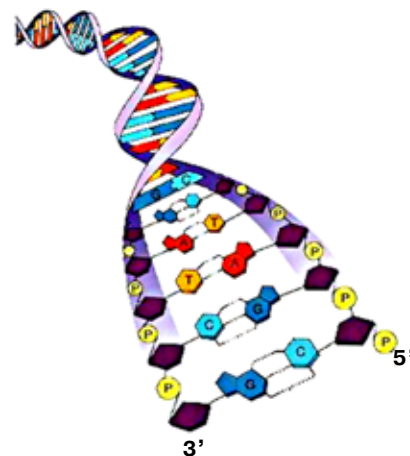
лет используется практически в каждой лаборатории мира. Чтобы понять, в чем тут суть, обратимся к истокам. Как происходит увеличение количества ДНК в живом организме?

Репликация ДНК

Природный механизм удвоения ДНК, которое происходит перед каждым делением клетки, — репликация, или редупликация. Надо сказать, что до сих

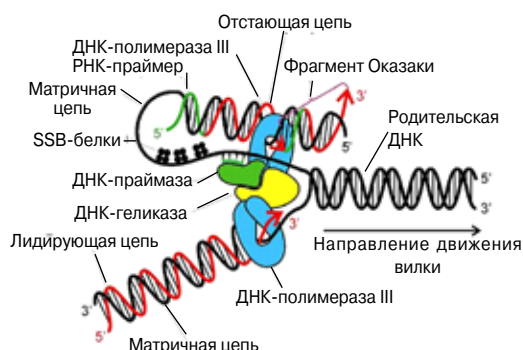


Строение нуклеотида и структура ДНК. Если рассматривать каждую из двух цепей как полимер, то его главную цепь образуют чередующиеся остатки фосфорной кислоты и дезоксирибозы, азотистые же основания каждого нуклеотида — аденин, тимин, гуанин и цитозин (A, T, G, C) — взаимодействуют с основаниями другой цепи. Комплементарные взаимодействия между основаниями поддерживают структуру ДНК и обеспечивают возможность копирования (напротив аденина можно поставить только тимин, напротив гуанина — только цитозин). Нить ДНК имеет полярность — у нее есть 5'- и 3'-концы (по номерам атомов С в дезоксирибозе; они пронумерованы со штрихами, чтобы не путать их с углеродами азотистого основания). Две нити ДНК антипараллельны: где у одной 3' — у другой 5'. Запомним, что новые нуклеотиды могут присоединяться только к 3'-концу — к свободной ОН-группе дезоксирибозы; 5'-конец расти не может, он закрыт фосфатом (P).



пор изучены не все белки, участвующие в этом процессе, настолько он сложен. Главное, что происходит при репликации, — сборка дочерней цепи ДНК на половине материнской. Напомню, что ДНК представляет собой двойную спираль, при этом ее информативная часть — азотистые основания — скрыта внутри спирали.

Задача удвоения ДНК состоит в том, чтобы правильно собрать нуклеотиды в новую цепь и получить две идентичные молекулы. Собирает нуклеотиды фермент ДНК-полимераза. Как ей добраться до азотистых оснований, скрытых в материнской спирали? Ответ прост: расплести цепи. Но сделать это труднее, чем сказать. Раскручивание двойной спирали требует участия целого набора ферментов — гираз, лигаз, топоизомераз, а также белков, связывающих одиночную нить ДНК и препятствующих ее повторному воссоединению (SSB-белков). Тем не менее, ансамбль белков справляется с этой задачей (рис. 1). И так, есть ДНК-полимераза, ей доступны азотистые основания матрицы, но что-то синтез не идет...

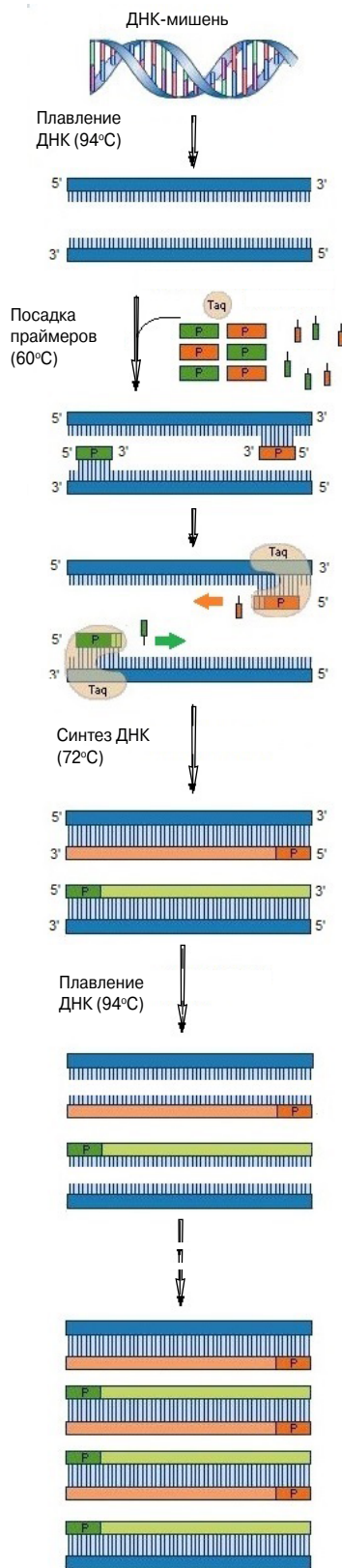


1
Репликация ДНК. Обратите внимание, как много белков участвует в этом процессе

Дело в том, что полимеразы — ферменты привередливые, синтез «с нуля» начать не может. Ей необходима затравка (праймер) — свободная ОН-группа предыдущего нуклеотида (на 3'-конце короткой цепочки, комплементарной материнской цепи) или какого-либо белка. Присоединяя нуклеотиды к праймеру, ДНК-полимераза может копировать материнскую цепь.

Цепная реакция с ДНК

Амплификация — это искусственная многократная репликация. Но если процесс репликации ДНК в клетке даже сейчас изучен не до конца, что же придумал Мюллис 30 лет назад? Как он смог скоординировать по меньшей мере десяток ферментов, о части которых даже не знал? Представьте себе, никак. Он взял всего один фермент — ДНК-полимеразу,



2
Полимеразная цепная реакция: два праймера, направленные навстречу друг другу, и температурный цикл. Помимо праймеров нужно добавить термоустойчивую полимеразу и нуклеотиды, из которых она будет строить цепочки. Синим показана исходная молекула ДНК, зеленым и оранжевым — образующиеся в ходе реакции молекулы ДНК, идентичные участку-мишени. Уже после второго цикла число молекул увеличивается в четыре раза, после третьего их будет 8, после четвертого — 16...



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

доступ же к азотистым основаниям обеспечил не белками, а плавлением. Именно плавлением, не растворением: ДНК в растворе остается двухцепочечной, но, если нагреть раствор до 92—95°C, происходит неферментативное расхождение цепей.

Однако, как мы помним, полимеразе нужен праймер, чтобы она заработала. Добавляем в реакционную смесь 18—30-нуклеотидный фрагмент ДНК, комплементарный границе интересующей нас последовательности, — и в целом тоже больших успехов не получаем. Реакция идет, но образуются фрагменты различной длины, зависящие от времени работы полимеразы и ее активности: одна молекула полимеразы начала синтез сразу, другая — через пять минут... Как же понять, какой из образующихся продуктов — искомым?

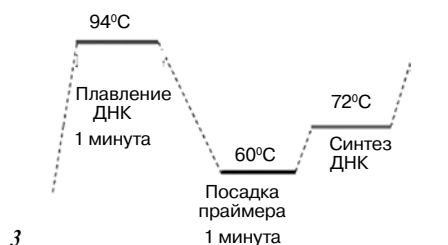
В поисках ответа на этот вопрос и возникла гениальная идея Мюллиса: взять не один праймер, а два — прямой (F) и обратный (R). Тогда мы будем знать длину нашего фрагмента и быстро увеличим его количество. Кроме того, Мюллис предложил проводить реакцию не один раз, а циклами, в 30—45 повторов. Математический подсчет показывает, что количество продукта будет расти как 2^n (рис. 2), где n — число циклов (если бы использовался один праймер, то рост был бы куда скромнее — n новых молекул за n циклов). То есть через 30 циклов мы получаем в 10^9 раз больше продукта, чем содержалось в исходном образце, или в 30 раз больше, чем при использовании одного праймера.

Почему такая огромная разница? Потому что при использовании двух праймеров каждый вновь образующийся фрагмент служит матрицей в следующих циклах. Если праймер один, то продукт ему не комплементарен: праймер будет фрагментом продукта, участком в его начале, а синтез будет все время идти лишь с одной исходной цепи. Чтобы продукт мог служить матрицей, нужен праймер, комплементарный ему.

Сейчас ПЦР занимает около двух часов благодаря использованию особой ДНК-полимеразы. Дело в том, что каждый цикл ПЦР начинается с плавления

ДНК на 95°C (рис. 3), а обычная полимераза, как большинство белков, не выдерживала такой температуры и теряла функциональность — денатурировала (то же самое происходит с белком вареного яйца). Мюллис после каждого цикла добавлял новую порцию полимеразы, что, конечно, усложняло и замедляло процедуру. Рэнди Сайки в 1986 году предложил использовать полимеразу из бактерии *Thermophilus aquaticus*, живущей в горячих источниках, — Taq-полимеразу (Saiki et al., «Science», 1988, 239, 4839, 487—491). Она выдерживает такой перегрев, а оптимальная температура для ее работы — 72°C.

Как же теперь доказать, что, переливая прозрачные растворы, мы все-таки не потеряли ДНК? Это можно увидеть глазами, после 40-минутного разделения продуктов ПЦР в геле с помощью электрофореза. Гель — это своего рода молекулярное сито, сквозь которое под действием электрического тока просачиваются молекулы: мелкие идут быстро, крупные медленно. Фрагменты одинаковой длины концентрируются на одном уровне (а мы знаем, какой длины будет наш фрагмент: мы же сами подбираем праймеры, и нам известно, на каком расстоянии друг от друга они



3
Цикл амплификации. Каждый цикл состоит из трех ступеней: расхождение цепей ДНК, посадка праймеров и синтез новых цепей. Каждая ступень длится около минуты. Таким образом, программа из 30 циклов потребует около 90 минут

находятся). Потом гель обрабатывают специальным веществом, которое взаимодействует с ДНК и светится, если его подсветить ультрафиолетом (УФ). В итоге мы увидим полоску нашей ДНК на определенном расстоянии от старта (см. фото в начале статьи). Или ничего не увидим, если искомого участка ДНК в образце не было и праймерам не к чему было цепляться.

Итак, Мюллис увеличил число иголок в разы — заставил их размножаться, чтобы их блеск можно было без труда различить в сене не интересующей нас ДНК.

Сегодня существует множество модификаций ПЦР, применяемых для самых различных целей. Однако у этой реакции есть важный минус — для нее необхо-

димо специальное лабораторное оборудование: термоциклер-амплификатор (прибор, способный быстро менять температуру раствора столько раз, сколько нам нужно), камера для электрофореза. А если этого нет? Можно ли все стадии провести при одинаковой температуре, на водяной бане, например, или в простом термостате? Оказывается, можно, есть целый ряд методов изотермической амплификации (то есть такой, которая идет при постоянной температуре). Самый быстрый, специфичный, дешевый и широко используемый метод называется LAMP — опосредованная образованием петель изотермическая амплификация (loop-mediated isothermal amplification).

Прольем свет на LAMP

Метод LAMP, как и ПЦР, использует термостабильную полимеразу. Примечательно, что, когда искали полимеразу для реакции Мюллиса, нашли две, казавшиеся подходящими, — Taq, которая используется для ПЦР, и Bst (из *Bacillus stearothermophilus*). Было показано, что Bst-полимераза нестабильна и быстро выходит из строя при 95°C, да и документация к Taq была лучше. Однако у

1. С ДНК-мишенью (для простоты нарисована одна нить) взаимодействуют прямые праймеры. Внутренний праймер FIP (forward inner primer) комплементарен участку F2с в ДНК, а его «хвост» F1с имеет такую же последовательность, как одноименный участок ДНК, и, следовательно, комплементарен участку F1 новой нити, которая синтезируется с этого самого праймера. (Зачем это нужно, узнаем, когда дойдем до п. 4.) Внешний праймер F3 комплементарен участку F3с ДНК-мишени.

2. Нить ДНК, которая начала синтезироваться с внешнего праймера, вытесняет из двойной спирали (благодаря вымещающей активности Bst-полимеразы) нить, синтезированную с внутреннего праймера.

3. ДНК-мишень плюс новая нить с праймера F3.

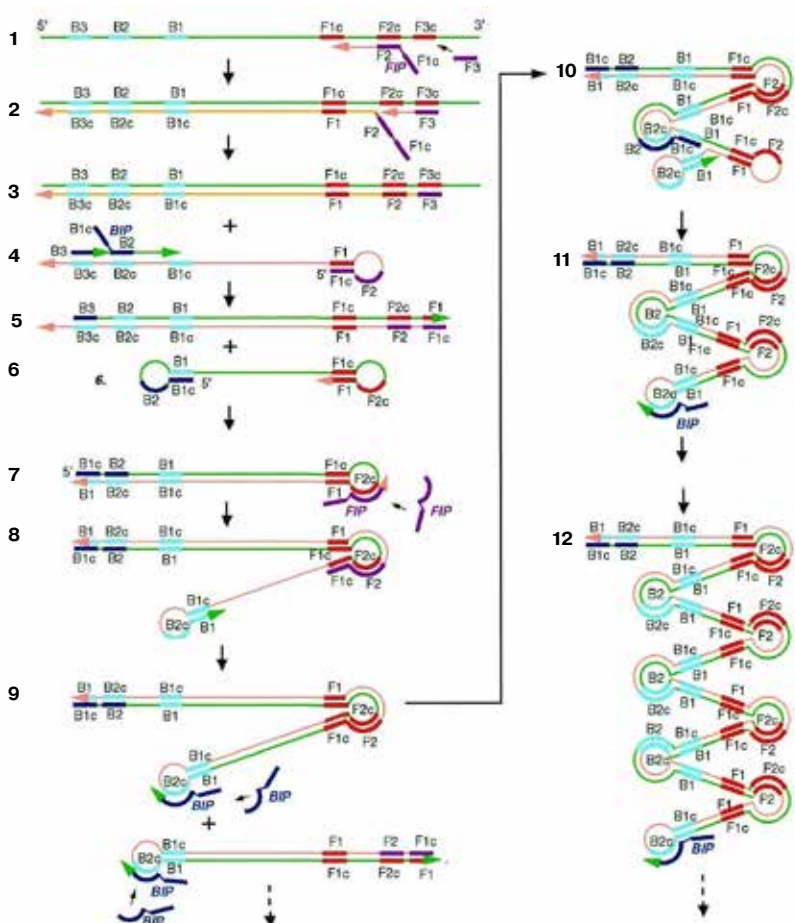
4. Новая нить: ее 5'-конец образовал петлеобразную структуру. На противоположный конец садятся обратные праймеры — BIP (backward inner primer) и B3, устроенные так же, как и прямые.

5, 6. Нити, которые синтезировались с двух обратных праймеров на нити 4. Нить 6 имеет петли уже на обоих концах, такую структуру называют гантелеобразной (dumbbell structure). Дальше мы будем следить за ее судьбой. Обратите внимание, что участок F1 выступает в роли праймера: полимеразы может наращивать его 3'-конец.

7. Бывшая «гантелька» стала двунитевой структурой с петлей на одном конце, и с этой петлей взаимодействует еще один праймер FIP.

8. С праймера синтезируется новая нить, вытесняя старую, и возникает Л-образная структура, где одна палочка двунитевая, а другая — однонитевая с петлей на конце. Теперь в качестве праймера выступает участок B1.

9. Обе палочки двунитевые, однонитевая лишь новая петля, и с ней взаимодействует новый праймер BIP. 10, 11, 12. Цикл повторяется, зигзагообразная структура растет.

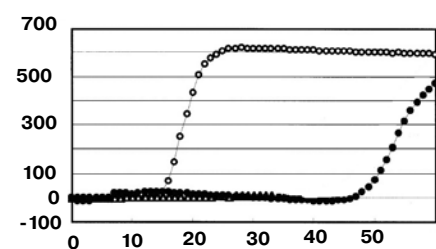


Bst есть преимущество перед Taq: она вытесняет вторую цепь ДНК сама, без участия ферментов или использования высоких температур, о плавлении или расплетании беспокоиться не нужно. Использование Bst позволило проводить реакцию на 30—40 минут быстрее, поскольку исключается первый шаг цикла. Но это еще не все. В названии метода, кроме постоянства температуры, упоминаются еще некие петли. Давайте разберемся, что это такое.

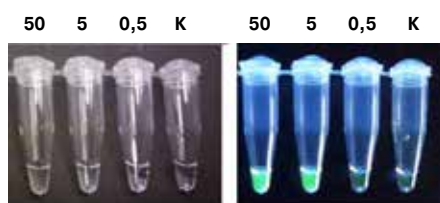
Метод LAMP описал японский ученый Цугунори Нотоми в 2000 году. Нотоми предложил использовать не два, а четыре праймера — два внутренних и два внешних, узнающих в общей сложности шесть различных участков искомой ДНК. Внутренние праймеры подобраны таким образом, чтобы сформировать те самые петли на концах искомого фрагмента (см. врезку). Внешние праймеры (F3 и B3) необходимы лишь в самом начале реакции для разделения двух материнских цепей. Для тех, кто хочет разобраться, как это работает, есть пояснения к каждому пункту схемы и ссылка на оригинальную статью, а все остальные могут просто взглянуть на стадию 12. После проведения LAMP образуется множество копий интересующего нас фрагмента, но они не плавают свободно, как при ПЦР, а соединены между собой участками праймеров.

Такой метод позволяет быстрее рабатывать продукт и длится от получаса до часа. Однако уже через два года японские ученые усовершенствовали метод, добавив еще одну пару праймеров — петлевые праймеры (Nagamine, K., Hase, T., Notomi, T., «Molecular and Cellular Probes», 2002, 16, 3, 223—229, doi: 10.1006/mcpr.2002.0415). При их использовании, вероятно, идет наработка продукта с петель в обе стороны, а не в одну, как в оригинальном методе. График из этой работы (рис. 4) показывает, уже через 10—20 минут можно детектировать продукт в достаточном количестве.

Да, а как же детектировать продукт в этой реакции? Представляете, просто



4 Сравнение эффективности LAMP с добавлением петлевых праймеров (пустые кружки) с классической LAMP (зачерненные кружки). По оси X отложено время, по оси Y — изменение интенсивности флуоресценции, по которому можно судить об изменении количества ДНК в образце



5 Визуализация результатов LAMP: пробирки в естественном (слева) и УФ-свете (справа). Вверху указано исходное число молекул ДНК в пробе. Метод детектирует даже пять молекул ДНК в 25 мкл (Shirato, et al., «Virology Journal», 2014, 11, 1, 139. doi:10.1186/1743-422X-11-139)

взглянув на пробирку, можно увидеть помутнение — это выпадает осадок пирофосфата магния. Ионы магния входят в состав реакционной среды, помогая работать Bst-полимеразе, а пирофосфат-ионы высвобождаются из нуклеотидов при синтезе цепи. Для верности можно добавить краситель, связывающий ДНК, и осветить УФ (рис. 5).

Сравнение ПЦР и LAMP

Таким образом, используя метод LAMP, можно ответить на вопрос: «Присутствует ли интересующий нас ген в пробе?» — за 5—20 минут, в то время как с ПЦР ответа придется ждать около двух часов, не считая времени на электрофоретическое разделение продуктов. Но, как известно, спешка хороша при ловле блох, а для научного исследования куда важнее точность и специфичность (то есть амплификация всегда той и только той последовательности ДНК, которую мы задали, а не просто похожей).

Сравнение методов ПЦР и LAMP

Критерий	ПЦР	LAMP
Потребность в плавлении ДНК	+	-
Температура (°C)	94, 55—60, 72	60—65
Устойчивость к биологическим компонентам	-	+
Продолжительность (минут)	90—120	5—20
Детекция продукта	Электрофорез	Визуально

Однако и тут LAMP опережает ПЦР. Метод LAMP более специфичен, потому что ему необходимо узнать целых шесть участков в искомой молекуле ДНК, а ПЦР — только два (которые находятся непосредственно под праймерами). Но что даже более важно: на LAMP не оказывают влияния биологические компоненты, зачастую не позволяющие провести ПЦР (Gill, Ghaemi, «Nucleosides, Nucleotides & Nucleic Acids», 2008, 27, 3, 224—243. doi: 10.1080/15257770701845204). Исследуемый образец, например, слюны, можно без очистки заносить в реакционную смесь и искать гены вируса (Shirato, et al., «Virology Journal», 2014, 11(1), 139.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

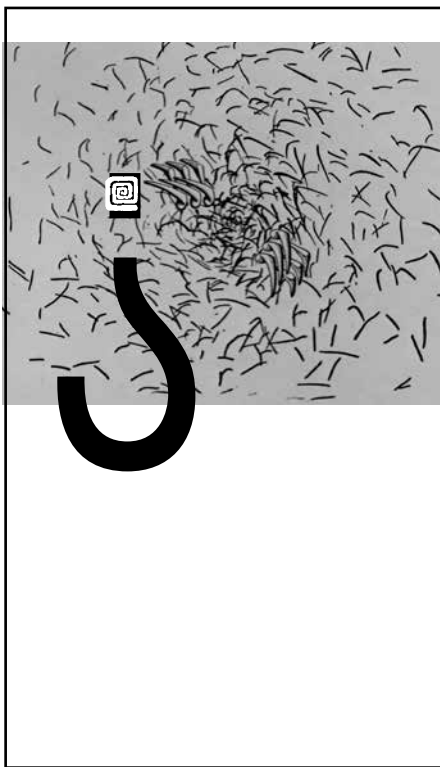
doi: 10.1186/1743-422X-11-139). Благодаря этому свойству LAMP используют в клинической практике для выявления патогенов человека и животных, определения пола зародыша теленка до имплантации его корове и даже для нахождения метастазов прямо во время хирургической операции (Dhama et al., «Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS», 2014, 17, 2, 151—166, Fu et al., Applied Biochemistry and Biotechnology, 2011, 163, 7, 845—850, doi: 10.1007/s12010-010-9088-8). Метод прост в исполнении, дешев в отличие от других методов изотермической амплификации, не требует ни сложной техники, ни обязательных биологических знаний.

Какой из методов лучше применять — зависит от эксперимента. Если ученый постоянно меняет праймеры, условия или исследует много разных генов, то ПЦР будет удобнее. Несмотря на то, что она занимает больше времени — на деле двух часов едва хватает, чтобы приготовить смесь для следующей реакции и занести пробы в биохимический планшет. Если же речь идет о предотвращении пандемии и необходимо как можно быстрее определить присутствие известного вирусного агента — то, конечно, LAMP. Ее можно применить, например, для мониторинга здоровья пассажиров в аэропортах стран, из которых возможно занесение вируса.

И в заключение — интересный факт из истории методов амплификации нуклеиновых кислот. Уже упоминалось, что при создании ПЦР был выбор между двумя полимеразми — Taq и Bst. Мюллис выбрал Taq и построил свой метод на ней. А Нотоми спустя 20 лет все же вернулся к Bst и придумал еще более мощный метод LAMP. Хотя оба метода хороши, но каждый для решения своих задач.

Литература

- Mullis, K., Faloona, F., Scharf, S., Saiki, R., Horn, G., Erlich, H. (1986). Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology, 51 Pt 1, 263—273.
- Notomi, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N., & Hase, T. (2000). Loop-mediated isothermal amplification of DNA. Nucleic Acids Research, 28(12), E63, doi: 10.1093/nar/28.12.e63.



ВОПРОСЫ—ОТВЕТЫ



Кевлар изобрела женщина?

Да, знаменитый кевлар, представляющий собой параарамидное волокно (полипарафенилен-терефталамид), из которого сегодня делают бронежилеты во всем мире, изобрела Стефани Кволек (Stephanie Kwolek), американский химик. Большую часть жизни она проработала в компании «Дюпон» в США и умерла в прошлом году в возрасте 90 лет. По признанию Кволек, она была счастлива, поскольку ее изобретение спасло много жизней.

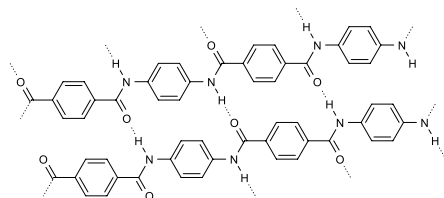
Как часто бывает, открытие произошло случайно. В 1964 году Кволек решала вполне конкретную задачу — пыталась создать прочное волокно, которое заменит тяжелый стальной корд в шинах. Обычно полимерную нить вытягивают, пропуская расплав полимера через тонкие фильеры. Однако Стефани Кволек работала с

растворами полимеров, подбирая к ним подходящие растворители.

В сущности, у нее получились растворы жидкокристаллических полимеров, так что она невольно повторила природную технологию, которой владеют пауки: именно из растворов жидкокристаллических полимеров они выдавливают прочную нить паутины.

В одном из экспериментов Кволек получила мутный раствор, который полагалось бы выбросить, потому что его вязкость была очень маленькой. Но она все-таки решила попробовать вытянуть из него нить, несмотря на протесты коллег. На хороший результат не надеялась, просто надо было поставить точку в эксперименте. Ко всеобщему удивлению, из раствора легко получилось прекрасное волокно, прочнее знаменитого дюпоновского нейлона и почти в десять раз прочнее всего того, что она получала до сих пор.

Спустя семь лет появился коммерческий продукт под названием «кевлар» и началось производство необычайно прочного волокна. Его плотность ($1,44 \text{ г/см}^3$) меньше, чем у стали ($7,80 \text{ г/см}^3$), но при равном весе образцов кевлар прочнее на разрыв в пять раз. Эту прочность обеспечивают водородные связи, крепко соединяющие цепи полимера: водород в одной цепи связывается с кислородом в другой. А дополнительное взаимодействие между ароматическими кольцами в разных штабелях еще больше упрочняет полимер. Вот почему он разлагается лишь при очень высокой температуре $427\text{—}482^\circ\text{C}$.



Конечно, у кевлара есть и слабое место — он хуже сопротивляется сжатию. Прочность его на сжатие в десять раз меньше, чем на разрыв. Поэтому кевлар не годится на роль строительного материала. Но у него много работы в других отраслях: бронежилеты, корд для шин, панели и крылья в истребителях, бензиновые цистерны для болидов «Формулы-1», суда и яхты. На прочных канатах и тросах из кевлара, которые к тому же не ржавеют, подвешивают мосты. Из него делают огнестойкие и прочные одежду и перчатки для пожарных. И это далеко не полный перечень.

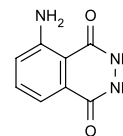
Похожее на кевлар волокно разрабатывали в СССР в начале 1970-х годов. Сперва его называли вниивлон, отдавая дань месту рождения — Всесоюзному научно-исследовательскому институту волокон (ВНИИВ). Позднее его переименовали в СВМ — сверхвысокомо- дульное. Это волокно делали из другого полимера — полигетероарилена, по иной технологии, но свойства у него были, как у кевлара, и даже получше. Производство прочных волокон в СССР прекратили в начале 1990-х годов.



Почему кровь на месте преступления светится?

Нам часто задают вопрос: чем обрабатывают место преступления, чтобы следы крови начали светиться? В детективных фильмах мы не раз видели, как криминалисты чем-то опрыскивают стены и пол, потом подносят ультрафиолетовую лампу и видят бледно-голубое свечение следов крови. Чем же они опрыскивают? И почему светится?

На самом деле светится не кровь, а люминол, вещество со сложным химическим именем 5-амино-2,3-дигидро-1,4-фталазиндион. В виде света излучается энергия, которая выделяется при окислении люминола:



Это явление называется хемилюминесценцией. Его-то и используют в криминалистике, чтобы найти следы крови. Для эксперимента готовят щелочной раствор люминола, в который добавляют перекись водорода. В этом растворе люминол окисляется перекисью водорода, но очень медленно. Однако стоит добавить катализатор (металлы, ферменты), как окисление происходит стремительно и сопровождается свечением. Отличный катализатор для этого процесса — железо, входящее в состав гемоглобина крови.

Свечение, конечно, будет слабым, поэтому обработанные поверхности освещают ультрафиолетовой лампой, тогда люминесценция становится ярче. Длится свечение не более полуминуты. Метод очень чувствителен: кровь заставляет люминол светиться даже в разведении одна часть на миллион.

Однако у любого метода есть свои «но». Тест с люминолом покажет следы крови, но это может быть и кровь теплокровных животных. Впрочем, холоднокровных (пауков, моллюсков, осьминогов) тоже. Ту же роль, что гемоглобин в нашей крови, у них играет гемоцианин, содержащий не железо, а медь. Однако медь тоже хорошо катализирует окисление и свечение люминола. Другое дело, что кровь морских гадов вряд ли встретится на месте преступления.

Другой важный недостаток метода — помимо гемоглобина крови есть и другие вещества, которые резко ускоряют окисление люминола, например хлорат натрия, входящий в состав отбеливателей. Тем не менее тест с люминолом очень удобен, поэтому его действительно используют криминалисты — режиссеры криминальных сериалов тут ничего не выдумали.



Из чего делают губную помаду?

Обычная губная помада содержит несколько сотен различных веществ. И все же можно выделить главные, которые составляют ее основу и структуру. Вот так выглядит усредненный состав губной помады:

- 65% — касторовое масло;
- 15% — пчелиный воск;
- 10% — другие воски;
- 5% — ланолин;
- 5% — красители, пигменты, отдушки.

Состав может изменяться от одной марки помады к другой, но в целом он именно таков. А теперь — подробности.

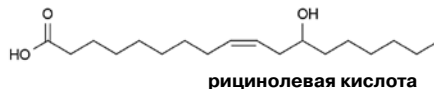
Помада должна быть твердой и мягкой одновременно, чтобы хорошо ложиться и держаться на губах. Эту мягкую твердость ей придают воски,

главный из которых — пчелиный воск. Он состоит из почти трехсот различных химических соединений — сложных эфиров (70%), органических кислот и углеводов (30%).

К пчелиному воску добавляют и другие, например карнаубский воск. В его состав также входят сложные эфиры жирных кислот (80—85%), жирные спирты (10—16%), кислоты и углеводороды (4—9%). Карнаубский воск хорош тем, что он самый тугоплавкий среди своих родственников. Температура плавления у него 83—91°C. Поэтому небольшая его добавка в помаду не позволяет ей расплзаться на солнце.

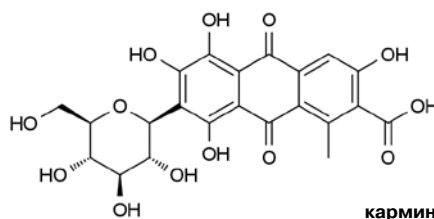
Добавляют в помаду и животный воск ланолин, который получают при вываривании шерсти овец. По составу он близок к кожному салу человека и содержит в основном сложные эфиры высокомолекулярных спиртов (например, холестерин) с высшими жирными кислотами (пальмитиновой и др.) Ланолин хорош тем, что образует с водой эмульсию «вода—масло». А для помады, где все компоненты должны быть перемешаны до однородности, это крайне важно. И конечно же воски придают помаде глянец. В целом на долю всех восков в помаде приходится 30%.

Разумеется, помада должна быть жирной. Поэтому в нее добавляют масла, чтобы смягчить воск, смягчить кожу на губах и чтобы появился блеск. Чаще всего используют касторовое масло. Главный компонент касторового масла — рицинолевая кислота. На ее долю приходится 90% всех жирных кислот в масле.



Также в помаду добавляют оливковое масло и некоторые синтетические масла.

У масел есть еще одна важная функция — они растворяют красящие вещества помады. Классический красный краситель для помады — кармин, или алюминиевая соль карминовой кислоты. Эту кислоту производят самки насекомых — кошенильных червецов *Dactylopius coccus*.

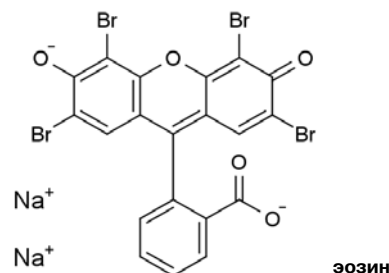


ВОПРОСЫ—ОТВЕТЫ

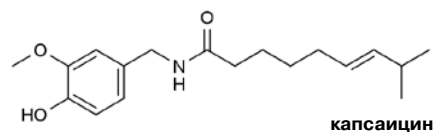
Насекомых вываривают в растворе карбоната натрия, затем раствор фильтруют и добавляют в него алюмокалиевые квасцы $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. Кристаллы красного кармина выпадают в осадок. Кстати, кармин зарегистрирован в качестве пищевой добавки E120.

Еще один красный краситель, эозин, может немного менять свой цвет при нанесении помады на губы.

Дело в том, что эозин реагирует с аминокгруппами белков, находящихся в коже губ. В результате этой реакции цвет становится более глубоким и ярким и, что важно, дольше держится на губах.



Многочисленные оттенки помады от ярко-красного до бледно-розового получают, добавляя в состав белила — диоксид титана. В помаде конечно же есть приятно пахнущие вещества, которые своим ароматом маскируют запах других компонентов (масел и животных жиров). Есть и компоненты, увлажняющие губы. В некоторые помады сегодня добавляют своего рода секретное оружие — алкалоид капсаицин.



Именно это вещество делает жгучим красный перец. Его небольшие количества в помаде слегка раздражают кожу губ и делают их более пухлыми. На что только не пойдешь ради красоты!



Добавляют ли индикаторы мочи в бассейны?

Я не раз слышала историю о том, что на Западе в бассейны специально добавляют некие индикаторы, которые при взаимодействии с мочевиной дают окрашенное вещество. Не сдержался пловец — и тут же вокруг него образовалось ярко-зеленое облачко воды.

На самом деле это — городская легенда. Никаких химических индикаторов в воду бассейнов не добавляют. Конечно, есть вещества, которые при взаимодействии с мочевиной или мочевой кислотой дают окрашенные соединения. Это, например, п-диметиламинобензальдегид, при его реакции с мочевиной в присутствии соляной кислоты возникает желто-зеленое окрашивание. Но не будем же мы лить соляную кислоту в бассейн! Есть и другие индикаторы, однако они, как правило, неселективны, то есть могут прореагировать и с другими компонентами. И вообще, добавлять лишние вещества в воду, в которой плавают люди, неправильно — вода должна быть безопасной.

Тем не менее во многих бассейнах действительно висят предупреждающие знаки, что вода в бассейне находится под химическим контролем, так что писать не рекомендуется. Но это всего лишь психическая атака и оружие сдерживания, направленное против пловцов.

Пару лет назад Совет по качеству и безопасности воды в США (The Water Quality and Health Council) провел аккуратный опрос и выяснил, что один из пяти американцев обязательно пишет в бассейн, а семеро из десяти не принимают душ прежде, чем прыгнуть в воду. И еще неизвестно, все ли респонденты были честны. Обсуждение этих данных в американских интернет-форумах показывает, что общественное мнение считает эти цифры сильно заниженными.

Писать в бассейн и плюхаться в него, не приняв душ с мылом и не смыв косметику, — это очень плохо, потому что опасно для окружающих. Доктор Крис Уиант (Dr. Chris Wiant), председатель совета, отмечает, что

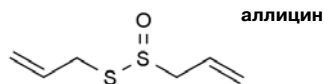
покраснение глаз и специфический химический запах возле бассейна — результат воздействия не антисептиков, которыми дезинфицируют воду, а множества раздражителей, которые образуются в воде бассейна, наполненного людьми. Вещества пота, косметики, дезодорантов, мочи взаимодействуют с гипохлоритом натрия и другими обеззараживающими воду агентами и порождают целый букет раздражителей, от которых у чувствительных людей не только краснеют глаза, но и выступает сыпь. Среди них есть очень неприятные, вонючие и ядовитые вещества, такие как цианхлорид (CNCI) и трихлорамин (NCl₃). Этих веществ, конечно, мало, отравить они не могут, но раздражение кожи и неприятный запах, мешающий дышать полной грудью, обеспечат.

Так что правы владельцы бассейнов, размещающие знаки о «химическом контроле мочи в воде», даже если этого контроля не существует. А чувствительным советуем отдавать предпочтение открытым бассейнам, в них дышится намного легче.



Чем пахнет от человека, наевшегося чеснока?

Чесночный запах появляется только после того, как мы нарежем его зубчики. Нож разрушает клетки, из вакуолей высвобождается фермент аллициназа и соприкасается с веществом под названием аллиин, находящемся в цитоплазме. В результате взаимодействия образуется аллицин. Им и пахнет нарезанный чеснок:



Затем аллицин претерпевает превращения, образуя четыре пахучих вещества: диаллилдисульфид, аллилметилсульфид, аллилмеркаптан и аллилметилдисульфид. Эта четверка вносит решающий вклад в формирование неприятного чесночного запаха, исходящего любителями чеснока. Вторую, что ни одного из этих соедине-

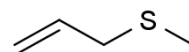


ВОПРОСЫ—ОТВЕТЫ

ний нет в цельном зубчике чеснока, они образуются только после разрушения чесночных клеток.

Самый стойкий из четверки — аллилметилсульфид. Он медленнее всего разрушается и выводится из организма с потом, дыханием и мочой, обеспечивая вам чесночное дыхание в течение суток.

аллилметилсульфид



Любители чеснока научились подавлять неприятный запах изо рта с помощью молока, пряной зелени и яблок. Действительно работает. Но вот почему — ответа нет. Исследователи разумно предполагают, что перечисленные продукты содержат некие ферменты, которые ускоряют распад серосодержащих соединений.

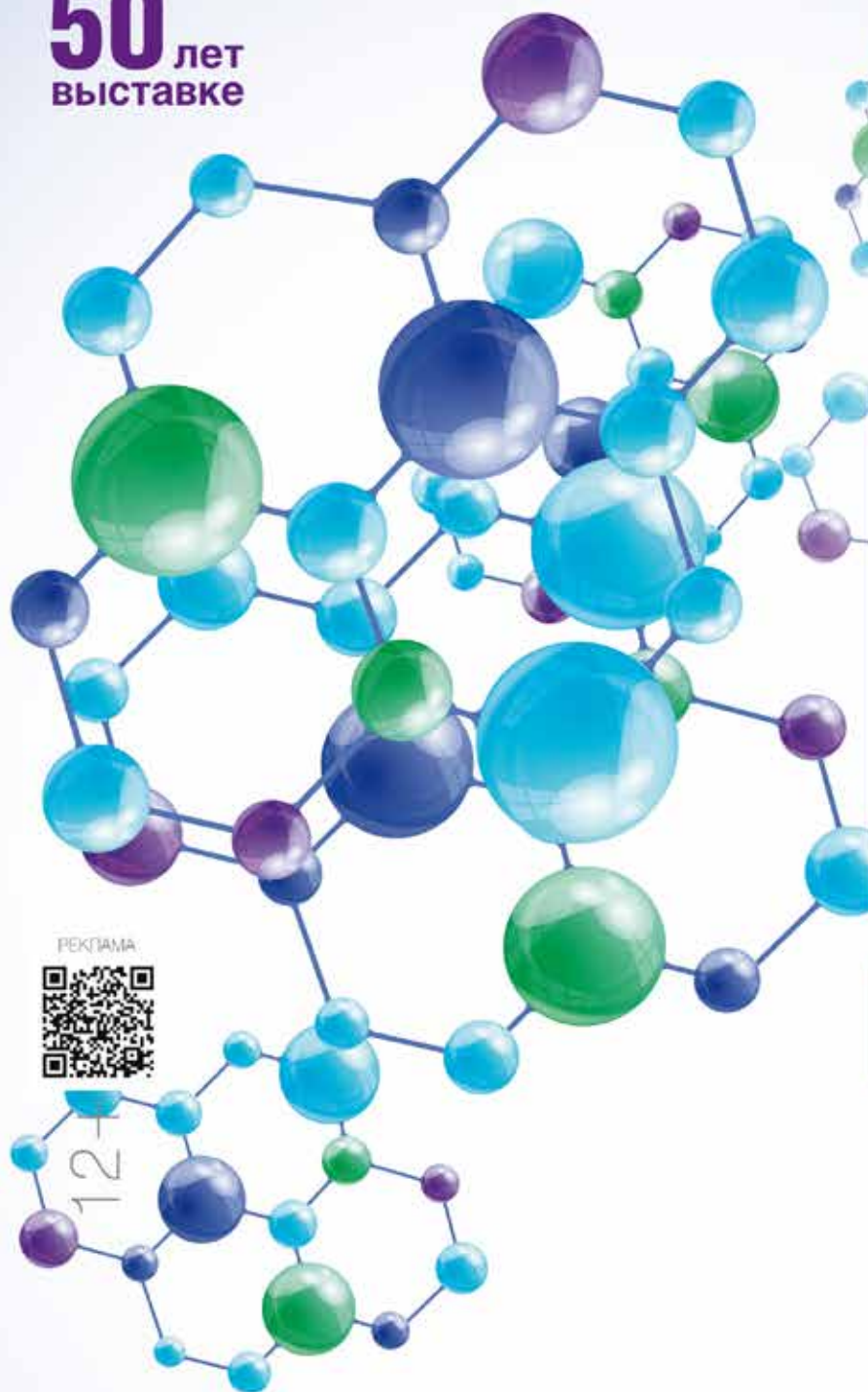
Эти соединения дают чесноку силу в борьбе с бактериями. При этом чем больше атомов серы в молекуле, тем сильнее антимикробный эффект: сульфид слабее дисульфида, который, в свою очередь, слабее трисульфида. И все эти вещества образуются, когда мы едим чеснок. Они проникают через мембрану бактериальных клеток, изменяют структуру тиолсодержащих (то есть с группой -SH) ферментов и белков и, по сути, ломают работу клеток. Кстати, впервые открыл антисептические свойства чеснока Луи Пастер в 1858 году.

Неудивительно, что чеснок любят и почитают. И не только за его антибактериальную силу. Чеснок дает нам жизненно необходимые витамины и микроэлементы, которые наш организм может получить только извне. Сто граммов чеснока удовлетворяют 96% суточной потребности в витамине B6, 52% в витамине C, 33% необходимой меди, 21% железа, 18% кальция, 26% селена и 73% магния.

Сегодня выращивают около 300 его сортов по всему миру, и больше всего (66%) чеснока производят в Китае. Каждый год 19 апреля в США, Канаде, Великобритании, Франции, Италии и Турции отмечают Национальный день чеснока.

Л.Викторова

50 лет
ВЫСТАВКЕ



ХИМИЯ

ХИМИЧЕСКАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
И НАУКА
2015

27–30.10

 **ЭКСПОЦЕНТР**

18-я международная
выставка химической
промышленности
и науки



Зеленая химия



Индустрия пластмасс



Хим-Лаб-Аналит



Химмаш. Насосы

Организатор: ЗАО «Экспоцентр»

При поддержке:

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

Под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.chemistry-expo.ru

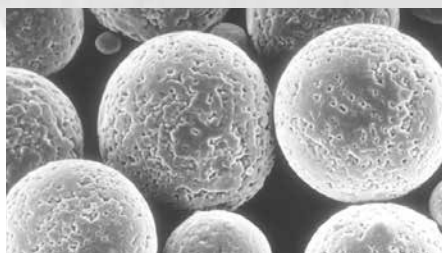
Монолит из порошка

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Фотографии взяты из материалов Европейской
ассоциации порошковой металлургии, www.erpa.com

Придание формы

С самого рождения технологии работы с металлом — а случилось это примерно шесть тысяч лет тому назад — в руках кузнеца были два способа придать металлу нужную форму: ковка и литье. Поскольку идеальных технологий не бывает, оба способа имеют недостатки. Так, при ковке зерна металла деформируются, вытягиваются перпендикулярно направлению ударов молота, соответственно свойства изделия в разных направлениях неодинаковые. Иногда это хорошо — ось колеса на изгиб должна работать лучше, чем на продольную деформацию, и вытянутые вдоль оси зерна этому способствуют. Однако в других случаях желательно, чтобы прочность во всех направлениях была одинаковой. При литье же, особенно если в форму заливают смесь веществ, может возникнуть ликвация: во время застывания один компонент оттесняется в остающуюся жидкость, и химический состав по изделию будет неравномерным. А еще могут вырасти дендриты — большие ветвистые кристаллы. Мало того что у них различается состав ветвей и ствола, так еще и в междендритном пространстве образуются поры. Конечно же металлурги придумали способы борьбы с этими недостатками — термическую обработку, правильный подбор состава, режима охлаждения, — но есть и принципиальные ограничения. Например, хрупкий материал очень трудно ковать, а если он еще и тугоплавкий, то и отливку сделать проблематично, поскольку невозможно расплавить.



Для горячего изостатического прессования нужен порошок сферической формы и с крупинками одного размера



Внутреннюю часть шнека для подачи пластиковых гранул сначала выточили из вязкой стали, а наружную, с архимедовым винтом, — из твердого материала — нанесли с помощью горячего изостатического прессования. Так нужно потому, что внешняя часть шнека испытывает износ, в то время как внутренняя должна сопротивляться ударным нагрузкам, с чем твердый, но хрупкий материал плохо справляется

Потом появилась механическая обработка: куску металла стали придавать форму с помощью резца или фрезы. Форма получалась точной, поверхность гладкой. Это существенно облегчило труд мастеровых, а главное, инженеров

— в их распоряжении появились шестеренки, винты и прочие детали сложной формы, изготавливаемые с точностью, которой нельзя было добиться литьем. Однако механическая обработка имеет свои минусы. Остается много отходов, да и не всякий материал можно резцом обработать — один слишком вязкий, другой излишне твердый: например, тот же резец нужно затачивать каким-то еще более твердым материалом. Впрочем, тем или иным способом мастеровые и с этой задачей справлялись.

А в 20-е годы XX века, с развитием автомобильной промышленности в США, в их руках оказался новый метод — порошковая металлургия. Он позволял придавать точную сложную форму изделию при минимуме отходов, материал же изделия мог быть и твердым, и вязким: механическая обработка нужна минимальная. За прошедшие с тех пор сто лет порошковая металлургия не получила очень уж широкого распространения, но, несомненно, это один из символов современных высоких технологий, без которых серийное высокоточное производство механизмов трудно представить.

Засыпаем порошок...

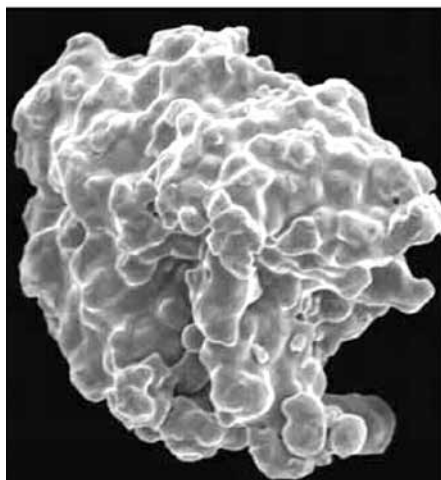
В общих чертах получение монолитной детали из порошка выглядит так. Сначала пресс-форму наполняют порошком, стараясь добиться, чтобы он лег как можно плотнее. В сам же порошок добавляют несколько процентов вещества-смазки. Порошок спрессовывают, а смазка обеспечивает беспрепятственное скольжение как порошинок относительно друг друга, так и всей

детали относительно пресс-формы. Полученную заготовку, которая называется «компакт», аккуратно извлекают из пресс-формы (аккуратно — потому что ее прочность невелика) и отправляют в печь. Там в специально созданной атмосфере заготовку спекают. При этом идут два процесса. Во-первых, поскольку атмосфера, как правило, восстановительная, содержит водород и угарный газ (в самом дешевом варианте ее получают неполным сжиганием углеводородов), разрушается окисная пленка на поверхности частиц порошка. А во-вторых, в местах контактов происходит взаимная диффузия слагающих частицы элементов, и те прочно соединяются. Чем меньше радиус закругления, тем выше скорость диффузии, поэтому заостренные пустоты между частицами зарастают, а поры, если и остаются, делаются округлыми. Это важно: чем более острая форма у поры, тем сильнее возле нее концентрируются механические напряжения и выше вероятность разрушения. Атмосфера, в которой спекают компакт, бывает и чисто водородной, а бывает, что спекают в вакууме, но это обходится гораздо дороже.

Вынутое из печи изделие уже почти готово к использованию. Остается только убрать остаточную пористость, и прочность окажется не хуже, чем у литого или ковального изделия. Поры убирают множеством способов — от нового прессования в пресс-форме до пропитывания поверхностного слоя каким-либо другим металлом. Часто поверхность стальных деталей обрабатывают перегретым водяным паром — при этом образуется прочный оксид железа, магнетит, который не только заполняет поры, но и придает твердость верхнему слою. Так и ржавчина оказывается полезной.

Впрочем, поры зарастивают отнюдь не всегда — они могут и пригодиться. Например, фильтры из меди и ее сплавов по определению должны быть пористыми, а тот факт, что они сделаны из частиц примерно одного размера, обеспечивает заданный диаметр фильтровальных каналов. Титановым штифтам для зубных имплантатов также нужна пористая поверхность, чтобы они лучше врастали в кость. Нужна она и самосмазывающимся втулкам: их пропитывают маслом, которое при нагреве от трения выдавливается из пор в том большем количестве, чем выше температура. Фактически это одна из разновидностей умных материалов, меняющих свойства в ответ на потребности механизма.

Ограничения такой технологии очевидны. Во-первых, нужно обеспечить высокую точность всех операций, а это значит в том числе, что и качество порошка не должно меняться от партии к



Для получения прочного компакта нужен порошок неравноосной формы



Эта шестеренка стоит в трансмиссии автомобилей «фольксваген туарег» и «порше кайен». Две части детали штампуют по отдельности, а затем соединяют их во время спекания. Так удается снизить трудозатраты



Обычно бур для перфоратора делают из стали, на которую направляют головку из твердого сплава. Порошковая металлургия позволяет создать этот инструмент сразу из двух разных материалов



ТЕХНОЛОГИИ

партии, и сам порошок должен заполнять форму равномерно, без пустот и сгущений. В противном случае усадки на всех этапах работы станут меняться, и точного соответствия размерам не будет. А ведь именно минимальная механическая обработка делает экономически выгодным изготовление многих деталей методом порошковой металлургии. Во-вторых, сам порошок должен хорошо слипаться, то есть желательно, чтобы его частицы были не сферическими, а более замысловатой формы. И в-третьих, есть существенные ограничения на форму детали — она не может быть слишком сложной, например изогнутой, иначе с помощью простого пресса сделать ничего не удастся. Цилиндрические втулки, шестерни, прутки — все это можно, а скажем, гребной винт для моторки не отпрессуешь. Есть ограничения и по размерам: чем дальше от места приложения давления расположен участок изделия, тем хуже спрессовываются частицы порошка. Поэтому получаются небольшие детальки, до полкилограмма весом.

Одно из важных преимуществ метода — многократное использование пресс-форм, в которые насыпают порошок. Так, стальная пресс-форма позволяет получить до 200 тысяч изделий, а более твердая карбидная — и свыше миллиона. Сделать хорошую пресс-форму — дорогое удовольствие, и чем больше тираж изделия, тем ниже ее вклад в себестоимость.

У этого базового метода имеются и модификации. Например, прессовать можно при повышенной температуре, когда пластичность частиц выше, соответственно они и лучше компактируются. Другая модификация — предложенное в 2000 году высокоскоростное прессование, когда пресс фактически ударяет по порошку, — процесс компактирования занимает всего 20 миллисекунд, а удары следуют один за другим через 300 миллисекунд. Ударная волна отлично сжимает порошок по всей толщине изделия, так что этим методом можно делать крупные детали, весом до пяти килограммов.

Обжатие со всех сторон

Поначалу такого простого прессования вполне хватало, благо выигрыш в стоимости был ощутимый: те же шестеренки для автомобилей Форда имели форму, близкую к необходимой, а значит, меньше токарной обработки, меньше затрат на зарплату токарей и меньше отходов. Но время шло, технология совершенствовалась. Появилось холодное изостатическое прессование.

Чтобы сделать деталь этим способом, используют дешевую гибкую форму из полимера — нейлона, полиуретана. Форму помещают в камеру, заполненную водой, насыпают в нее порошок и подают давление. Вода, как несжимаемая жидкость, равномерно распределяет это давление по всей поверхности формы, и порошок сдавливается со всех сторон. После извлечения изделия обрабатывают с ним так же, как описано в предыдущей главе, — спекают, убирают излишнюю пористость тем или иным способом. Поскольку форма, во-первых, гибкая, во-вторых, ее сжимают со всех сторон, можно делать многое из того, чего не удастся прессованием в жесткой форме, — и детали с разрезами, и длинные тонкостенные стержни. В общем, этот метод сейчас широко применяют для производства керамических изделий, например свечей зажигания автомобилей и прочих весьма твердых или тугоплавких вещей — вольфрамовых и молибденовых электродов для электродуговых плавильных печей, заготовок инструментов из быстрорежущих сталей, самих пресс-форм и штампов из твердых сплавов — в общем, всего, что очень трудно обрабатывать.

Обычно работа начинается с того, что из мягкого металла, например алюминия, делают модель и с ее помощью штампуют полимерные формы. Однако современная технология позволяет обходиться и без металлической модели — на трехмерном принтере полимерную форму печатают непосредственно по чертежу. Для массового производства это не годится — штамповать формы проще, но для единичных деталей их прямая печать существенно снижает расходы. Создание модели или подготовка чертежа для печати требуют от инженера большого искусства, ведь в процессе прессования и последующих операций размер изделия может сократиться раза в два, причем неодинаково в разных направлениях. Все эти деформации надо рассчитать, чтобы на выходе получить то, что задумано.

Следующий метод, горячее изостатическое прессование, можно считать одним из шедевров материаловедения. По сути, оно похоже на холодное — есть форма, в нее засыпают порошок,



Форма, которую в компании «Ролмс-Ройс» применяют для получения деталей методом горячего изостатического прессования. Видны технологические отводки для засыпки порошка



Загрузка контейнера с деталями в промышленный газостат



Вес корпуса трубопроводного клапана, сделанного без помощи сварки методом горячего изостатического прессования, может достигать нескольких тонн

помещают в газостат и в атмосфере аргона сжимают и нагревают так, чтобы компактирование шло одновременно со спеканием. Этот нагрев и ведет к существенному усложнению технологии: нельзя использовать дешевую форму из гибкого пластика. Более того, поскольку проникновение газа в пространство между частицами порошка будет препятствовать созданию монолита, форма должна быть герметичной. А еще она в процессе прессования станет деформироваться со всех сторон. Таким образом, проектирование и изготовление формы представляют собой самый сложный инженерный процесс, связанный с трудоемкими расчетами деформированного состояния.

Отдельная задача — снять форму. Можно это делать и механически, но тогда процесс удорожается. Можно стравить кислотой — но это накладывает ограничения на материал детали: он не должен взаимодействовать с кислотой. Иногда форму делают из стекла, которое просто разбивают после извлечения детали из газостата, но с такой формой, пока она не нагрета до температуры пластичности, нужно обращаться очень бережно.

Чрезвычайно важно и качество порошков. Здесь уже не годятся окисленные частицы неравноосной формы. Их поверхность должна быть чистой, иначе спекание пойдет плохо, и все порошинки — сферические, одна к одной: только тогда они, подобно жидкости, затекут в самые укромные уголки формы и заполнят ее без промежутков. Кроме того, именно сферическая форма обеспечивает наиболее плотную укладку частиц.

Если все эти требования выполнены, метод позволяет получать огромные многотонные детали сложной формы, избегая не только значительной механической обработки, но и сварки. Это и снижает стоимость, и повышает надежность — чем меньше отдельных деталей собрано в одно изделие, тем она выше.

В газостате можно проводить лишь окончательную обработку, уменьшающую пористость после компактирования и спекания, и можно спекать компакт под давлением. Обрабатывают в нем также отливки для снижения пористости. Есть и такая модификация метода: в форму вставляют сердечник из одного материала и обсыпают его порошком другого. После спекания получается биметаллическая деталь, например вал для подачи пластиковых гранул в экструдер: ему нужны вязкая стальная сердцевина и износостойкий внешний слой из твердого материала. Несмотря на трудности с изготовлением форм и высокую стоимость качественных порошков, эта технология столь востребована, что сейчас в развитых странах число газостатов — а

порой это огромные установки с трех-четырехэтажным домом — достигает тысяч. Серийно же их выпускают Китай, США, а также Бельгия и Швеция.

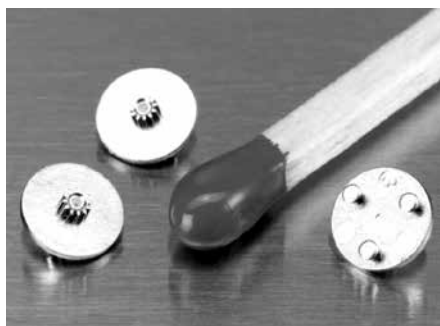
В 80-е годы были придуманы более дешевые методы, обходящиеся без газостатов. Вот, например, процесс Ceracon — от ceramic consolidation. Сначала делают компакт холодным изостатическим прессованием. Этот компакт нагревают и помещают в глубь ванны, засыпанной горячим керамическим порошком — он позволяет поднять температуру нагрева, поскольку температура плавления керамики достаточно высока. Сверху прикладывают давление, и порошок обеспечивает псевдоизостатическое обжатие заготовки. Получается вполне монолитное изделие. Размер таких деталей не может быть большим, иначе не достичь псевдоизостатического состояния, но зато процесс оказался очень удобным — все операции могут выполнять роботы.

Печать и литье порошком

Появление трехмерной печати в 90-е годы дало материаловедцам надежду вообще избавиться от дорогих пресс-форм: детали из металлических порошков прекрасно поддаются печати. Для этого есть три способа. В первом на поверхность стола насыпают слой порошка, а затем по нему проходит лазер или пучок электронов, который сплавляет порошок только в некоторых местах. Так послойно растет деталь, а затем лишний порошок сметают. Другой способ — нагретый порошок через сопло попадает в нужную точку, и туда же падает луч лазера, который вплавляет частицы порошка в нижележащий слой металла. Третий способ еще изящнее: по насыпанному слою порошка проходит чернильный принтер, который печатает узор очередного слоя связующим материалом. После удаления порошка напечатанную деталь извлекают и выжигают связующее во время спекания. Очевидно, что и здесь требуется порошок высокого качества — частицы должны без задержек проходить через сопло.

Трехмерная печать позволяет получать тонкостенные детали, причем чернильный принтер развивает большую ско-

Трехмерный принтер сначала печатает металлическим порошком тонкостенную деталь, а затем с ее поверхности фреза удаляет ступеньки



Миниатюрные шестеренки планетарного механизма для открывания-закрывания сотового телефона сделаны с помощью литья под давлением. Стоимость упала на 40% по сравнению с альтернативными способами



Дизайнеру захотелось сделать очки, у которых нет острых углов. Чтобы решить задачу, пришлось отказаться от обычных петель, которыми дужки крепятся к оправе. Их заменили двумя дисками, скользящими друг по другу. Токарной обработкой такие диски сделать не удалось. А вот с помощью литья под давлением все получилось

рость при печати маленьких деталек. При печати сразу расплавленным порошком качество поверхности не самое лучшее, зато можно выращивать большие детали. Время печати невелико — несколько часов, но потом требуется непростая обработка поверхности. Как это свойственно цифровым технологиям, у трехмерной печати есть неустраняемый дефект под названием «пикселизация»: на поверхности всегда будут ступеньки, так как толщину слоев нельзя сделать равной нулю. Эти ступени необходимо убирать, поскольку связанные с ними углы служат концентраторами напряжений, и это может вызвать быстрое образование трещин. Опытные материаловеды не рекомендуют печатать ответственные детали, с которыми связаны вопросы безопасности, например важные детали самолета. Впрочем, среди эффектных демонстраций возможностей метода есть и турбинные лопатки.

Этот метод незаменим для получения легких изделий, например таких, внутри которых расположена придающая проч-

ность сотовая структура. Трехмерная печать как нельзя лучше подходит при изготовлении предметов уникальной формы — протезов, имплантатов, ювелирных украшений. Сейчас печатают и уникальные зубные мосты, и детали для лечения травм черепа или суставов, печатают и мелкосерийные детали, например элементы конструкций космических кораблей, — объем их производства измеряется в штуках, и готовить ради них всю технологическую оснастку нерационально. А вот насчет печати серийно выпускаемых изделий есть большие сомнения: все-таки традиционное прессование должно давать гораздо меньшую себестоимость.

Использование чернил для связывания частиц порошка — это прямой аналог еще одной модификации порошковой металлургии, а именно металлического литья под давлением (metal injection moulding). Обычно эту технологию применяют для изготовления пластиковых деталей: полимерные гранулы подают в пресс-форму, нагревают и прессуют. Для перехода к использованию металлов эта идея развивалась следующим образом. Сначала немного металлического или керамического порошка стали добавлять в пластиковые гранулы, чтобы получить более прочный композит. Однако потом доля металла достигала 50%, а пластик стали подбирать такой, чтобы он при последующем спекании улетучивался. Когда порошок металла качественный — очень мелкий и с узким распределением по размеру, — двукратное сокращение габаритов заготовки при удалении пластикового связующего удивительным образом не мешает получать деталь точного размера.

Сейчас этот метод благодаря своей дешевизне и приспособленности для массового автоматизированного производства быстро развивается. Особенно он популярен при изготовлении микроскопических деталей: с учетом того, что



ТЕХНОЛОГИИ





размер частиц порошка измеряется даже не в микронах, а в долях микрона, удается сделать детали с минимальным размером частей в пять микрон. Альтернативный метод, с помощью которого довольно долго пытаются делать детали для микро-электромеханических устройств, — литография — такой производительности не дает. Тем более что при использовании порошковой металлургии инженер не ограничен в выборе материала, чего не скажешь о литографии.

Порошки

Возможность смешивать несмешиваемое — одно из важнейших достоинств металлургии порошков. Процесс получения металла неизбежно включает этап его плавления и последующего застывания. Это накладывает серьезные ограничения: расплав при кристаллизации не должен расслаиваться, в противном случае химический состав по объему слитка будет различаться. Порошковая металлургия позволяет в значительной степени обойти это ограничение.

Чаще всего порошки делают распылением. Самый простой способ — струю расплавленного металла разбивают на капли потоком газа или воды. Именно в последнем случае получается порошок с частицами неровной формы, столь пригодный для получения прочных компактов. Другой способ — разливка металла на быстро вращающийся диск или конус: капли разлетаются под действием центробежных сил. Очень хорошие сферические порошки получают вращением расплавляемого электрода. Здесь капли

Сейчас из металла можно напечатать и кусок черепа, и зубной протез, и модные украшения, и камеру сгорания двигателя ракеты

металла не соприкасаются ни с каким иным веществом, кроме того газа, что заполняет камеру для распыления, — до ее стенок долетает уже затвердевшая капля. Этот способ придумали еще в 80-е годы и в настоящее время с его помощью на предприятиях аэрокосмической отрасли получают высококачественные порошки, весьма востребованные на международном рынке.

В любом случае частицы распыленного порошка остывают быстро. Поэтому если химический состав становится неоднородным, то лишь в микроскопическом объеме частицы. Однако очень часто удается вообще подавить фазовые превращения, и получается так называемый быстрозакаленный порошок, состояние которого весьма далеко от равновесного. Так, размер составляющих его кристалликов может измеряться нанометрами, что в тысячи раз меньше, чем обычно; такая структура придает высокую пластичность даже чрезвычайно хрупким материалам. Твердый раствор, получившийся при быстром затверждении жидкости, может сохранить свою стабильность, тогда как обычно он распадается с образованием частиц иного, нежели в среднем, состава. Собственно, регулируя тем или иным способом размер, форму и распределение по пространству таких частиц материаловед добивается от материала нужных ему прочностных или специальных свойств. Более того, можно задержать и саму кристаллизацию — сделать аморфный металлический порошок.

Такие далекие от фазового равновесия порошки дают возможность экспериментировать с материалами, получать которые в объемном виде невозможно. Конечно, при отогревании во время прессования или спекания система будет стремиться к фазовому равновесию — аморфный металл закристаллизуется, нанокристаллы вырастут, твердый раствор распадется. Но правильным подбором параметров технологического режима многие особенности структуры, достигнутые при быстром охлаждении, удастся сохранить.

Чрезвычайно важно, что, смешивая порошки самых разнообразных составов, мы также можем получать недостижимые обычно состояния. Простейший пример — алмазный инструмент, скажем металлические отрезные круги для болгарки, способные резать и кафель, и бетон, которые продаются в каждом строительном супермаркете. Чтобы получить такой инструмент, смешивают порошок металлического связующего и алмазы, формируют из этой смеси наружный слой диска, а затем прессуют и спекают. Инструмент дорогой, зато при стирании верхнего слоя в работу вступает следующий, поскольку алмазы распределены не только по режущей кромке, но по всей толщине наружного слоя диска. Прекрасные магнитомягкие материалы для сердечников катушек, стоящих во всевозможных высокочастотных электронных устройствах, тоже получают из порошков. Проблема тут следующая. В магните под действием переменных полей возникают вихревые токи, приводящие к нагреву. Чем меньше размер магнитного элемента, тем меньше мощность вихря. Если составить его из микронных магнитных частиц в изолирующей матрице, то и размер вихрей будет ничтожным. Весьма распространенные магнитные неметаллические материалы — ферриты — будучи, по сути своей, оксидами железа, весьма хрупки. Неудивительно, что изделия из них, как и из большинства керамических материалов, получают, смешивая порошки действующего вещества и связующего, а делают это давно — с 30-х годов. Создание композитов с металлической матрицей — по металлу равномерно распределены упрочняющие его частицы карбидов и других твердых веществ — еще один важный продукт порошковой металлургии.

Итак, порошковая металлургия оказалась полезной в самых разных областях технологии материалов. Стальные детали, изготовленные с ее помощью, оказываются выгодными потому, что уменьшают механическую обработку и объем отходов, твердым и хрупким материалам в принципе невозможно придать нужную форму никаким иным методом, а возможности смешивать несмешиваемые вещества делают эту технологию более гибкой. Новые же методы трехмерной печати металлическими порошками позволяют отказаться от изготовления дорогостоящей оснастки и дают надежду, что даже единичные изделия смогут конкурировать с продукцией массового производства. А для развития этого направления требуются специалисты, способные получать высококачественные порошки и делать оборудование, которое с этими порошками будет работать.



Тайна белого металла

Кандидат
технических наук
О.В.Воробьева



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

В 1826 году талантливый инженер Петр Григорьевич Соболевский (1782—1841) при участии инженера-химика Василия Васильевича Любарского (1795—1852) впервые в мире разработал технологию получения ковкой платины и тем самым заложил основы порошковой металлургии, а Российская империя стала лидером по переработке платины. П.Г.Соболевский сделал много открытий и изобретений в разных областях (с его именем связано начало пароходства на Каме и Волге, создание русской химической терминологии и многое другое), но мировую славу и известность он завоевал именно фундаментальными работами, посвященными платине.



Сборы старателя на добычу платины

Американское серебришко

Платина, «белый металл», известна людям с незапамятной древности, об этом свидетельствуют труды ученых и археологические находки. Так, в Египте на поверхности хранящихся в Каирском музее золотых украшений времен XII династии (XIX век до н.э.) нашли многочисленные вкрапления белого металла, который оказался сплавом платины. Найдено и целое изделие в виде полоски платины в деревянном обрамлении, датировать которое не удалось. В литературе встречаются данные о платиновых украшениях времен XXV династии, то есть изготовленных в VII веке до н.э. При этом в современном египетском золоте никаких платиноидов нет.

После упадка Древнего Египта платина загадочным образом исчезает из Старого Света на долгие тысячелетия, до тех пор, пока завоевание Южной Америки не познакомило с ней конкистадоров. Даже свое название металл получил от испанского слова *platina*, уменьшительного от *plata* — серебро. По-русски это может звучать как «серебришко». Находили же платину в виде примеси к золотому песку и были эти зернистые металлические частицы, как потом оказалось, вовсе не платиной, а ее сплавом с другими платиноидами,

медью, оксидами железа и хрома — в «платиновом» песке присутствует до девяти разных металлов. Долгое время платину считали сатанинским металлом: по мнению алхимиков, не может быть металлов тяжелее золота, но плотность платины — 21,45, а золота — только 19,32 г/см³. Поскольку платина отлично сплавляется с золотом, фальшивомонетчики быстро распознали открывающиеся возможности и стали с ее помощью портить золотую монету — заменять часть драгоценного металла дешевым и никому не нужным «серебришком». В результате в 1735 году испанский король издал указ, запрещающий ввоз в страну «серебришка», при разработке колумбийских россыпей предписывалось его тщательно отделять от золота и сбрасывать в глубокие места рек Рио-дель-Пинто, Боготы и Кауки под надзором королевских чиновников, а привезенную в Испанию платину торжественно при многочисленных зрителях утопили в море.

Лишь в начале XIX века этот запрет отменили — испанская корона сама стала портить золотую монету.

Сейчас мы знаем, что платина входит в семейство платиновых металлов вместе с рутением, родием, палладием, осмием, иридием. Эти металлы сильно рассеяны, обычно общее их содержание в месторождениях не превышает десятых долей грамма на тонну породы. Платиновые металлы редко образуют скопления и крайне редко встречаются в виде крупных самородков. Самый большой из них весил 9,6 кг. В России самородок платины весом 8 кг нашли у подножия Качканар-горы возле речушки Ис. Император Николай I пожелал его увидеть, находку отправили в особой карете в сопровождении уральского бергмейстера фон Расина. На последнем перегоне от Чудова до Петербурга каретой управлял ямщик Тимофей Лысов. Не выдержав бешеной скачки, лошади пали, ямщик бросился к бергмейстеру и стал его душить, но, к счастью, подоспели охранники. Платиновый самородок императору поднесли на золотом блюде. Ямщик Лысов скончался в подвале петербургской следственной тюрьмы.

А первые россыпи платины на Урале обнаружили в 1822 году. Тогда некий горный мастер Ахте привез в Екатеринбургскую горную лабораторию частицы зернистого металла, найденные в золотом песке. Ее сотрудник И.Варлицкий проанализировал частицы и установил, что они большей частью состоят из платины. Потом платину обнаружили не только в екатеринбургских золотых песках, но и в тагильских, и в гороблагодатских. Именно с платиной, скопившейся на Гороблагодатском заводе, и работал Соболевский. Легенды меж тем утверждают, что платиновой дробью издавна пользовались уральские охотники — ее плотность в два раза больше, чем у свинца, даже мелкая дробь из такого металла обладает убийственной силой.

Хрупкий металл

Ученые всего мира долго пытались найти способы получения чистой платины. Так, в XVIII веке парижский ювелир Жанетти предложил сплавлять платину в муфельных печах с белым мышьяком

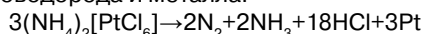
и поташом, но это был сложный процесс, сопровождавшийся выделением вредных для здоровья веществ. Сплавливали также платину с фосфором или свинцом. Тем не менее в начале XIX века Г.Бреан из Парижского монетного двора получал ковкую платину в немалых количествах. Более того, ему достался заказ от Испанской короны на переплавку всех запасов платины, что у нее скопились. Из платины, получаемой Бреаном и Жанетти, делали не только украшения, но и заводское оборудование — тугоплавкие тигли и котлы для получения кислот или для разделения золота и серебра опять же с помощью кислот.

Чтобы выделить платину из сырой платиновой руды и сделать ковкой, нужно очистить ее от других платиновых металлов и посторонних примесей. Это непросто, так как температура плавления платины очень высока — 1768,3°C. Достиж такой температуры в XVIII веке не представлялось возможным.

В России первое научное исследование платиновых металлов провел в 1797 году граф Аполлос Аполлосович Мусин-Пушкин (1760—1805). Он обладал обширными познаниями в химии и минералогии и внес значительный вклад в изучение природы платины и ее соединений — в частности, придумал несложный способ отделения платины от железа (получения амальгамы платины), используя ее способность легко восстанавливаться ртутью из солей. Однако и ртуть — не самое полезное для здоровья вещество.

И вот, наконец в 1826 году П.Г.Соболевский и В.В.Любарский предложили простой и надежный способ получения ковкой платины. (Соболевскому и Любарскому в их работе много помогал мастерской Василий Сысоев.) Платина, как и золото, растворяется только в «царской водке» — смеси, состоящей из одного объема концентрированной азотной и трех объемов концентрированной соляной кислоты. Изобретатели растворяли в этой смеси самородную платину, затем добавляли к раствору хлористый аммоний, и выпадал осадок — хлороплатинат.

Далее осадок промывали и прокаливали на воздухе: при этом соединение распадалось с выделением аммиака, хлороводорода и металла:



Полученный спекшийся порошок (губку) набивали в холодном состоянии в железную кольцообразную форму и сильно сдавливали винтовым прессом. Полученный брикет платины нагревали до белого каления и повторно обжимали на том же прессе. Такая обработка давала плотный и ковкий металл, из которого можно было изготавливать платиновые изделия. Соболевский и Любарский первыми в мире освоили способ переработки платины в изделия с минимальными отходами драгоценного металла и этим способом платину из концентрата платиноидов получают до сих пор.

Кроме того, изобретение стало основой порошковой металлургии — отрасли науки и техники, которая сегодня интенсивно развивается: именно так, сначала холодным компактированием порошка, а потом его спеканием под давлением и получают из порошков множество изделий с формой, соот-

ветствующей чертежам и не требующей дальнейшей серьезной обработки. Естественно, сразу же возник диспут: а не тот ли это способ, которым Бреан в Париже получал платину? Как оказалось, нет. Бреан засыпал в форму раскаленный добела порошок платины и там ее многократно прессовал. Способ же Соболевского гораздо проще — он использовал холодный порошок, нагревал до белого каления уже заготовку, причем прессовал ее всего-навсего одним ударом.

В 1827 году П.Г.Соболевский опубликовал в «Горном журнале» научную работу «Об очищении и обработке сырой платины», в которой писал: «Узнали себя столь счастливыми, что ревность наша... увенчалась совершенным успехом». Автор указывал на то, что удачное решение пришло после многочисленных наблюдений в результате случайного опыта. Можно сказать, что их творческая группа стала прообразом современного коллектива, который объединяет разных по профилю специалистов, способных охватить все операции от переработки сырья до готовых изделий.

Открытие было сделано в лаборатории, которая входила в состав Горного кадетского корпуса -- ныне Санкт-Петербургского горного института. В 1974 году на здании института появилась мраморная мемориальная доска с надписью: «Здесь с 1824 по 1841 гг. работал крупнейший металлург, член-корреспондент Академии наук Петр Григорьевич Соболевский». В 2006 году по инициативе института мраморную мемориальную доску заменили на гранитную.

Открытие П.Г.Соболевского и В.В.Любарского получило высокую оценку в отечественных и зарубежных научных кругах. Профессор физики Санкт-Петербургского университета Н.П.Щеглов отметил, что почти все европейские знаменитые химики в течение 70 лет старались найти простой и легкий способ получать чистую платину, но все их усилия были безуспешны и только Соболевский и Любарский «нашли наконец такой способ... которым в час получается большой кусок платины, совершенно готовой на изделия и совершенно чистой, тогда как очищаемая иностранцами платина всегда содержит остаток мышьяку, ныне обыкновенно при обработке ее употребляемого».

Монета и платина

Толчком для ускоренного изучения загадочного металла в России стала находка богатых залежей платины на Урале. Десятого мая 1828 года император Николай I направил Сенату следующий указ: «Между сокровищами хребта Уральских гор открыта и платина, которая пред сим находилась почти исключительно в Южной Америке. Для удобнейшего сбыта сего драгоценного металла желательно ввести в употребление одного для монет...» Далее указ повелевал сначала чеканить платиновую монету ценою в три рубля, весом в два золотника

Платиновая монета достоинством 6 рублей (1832)



Некоторые советские платиновые монеты достоинством 150 рублей, отчеканенные к Олимпиаде в Москве (1980) и в честь 250-летия открытия Русской Америки (1990)



(4,266 г — один золотник). Эта монета должна иметь «хождение в государстве по добровольному согласию, и никто не обязывается оную принимать против желания...» Выпуск монеты за границу и употребление в изделие запрещался. Цена платины в новой монете принята примерно в пять раз дороже чистого серебра. «Монета трехрублевая из платины имеет величину ровно против серебряного двадцатикопеечника».

Выпуск столь необычных монет в России из платины объяснялся тем, что в XIX веке этому металлу еще не находили технического применения, и поэтому ценился он сравнительно невысоко. Курьезным свидетельством этого могут служить нумизматические подделки — позолоченные платиновые монеты. Если же рассматривать платину как металл для монет, то у нее много преимуществ перед золотом и серебром: не окисляется на воздухе и в воде, меньше подвергается истиранию, не сплавляется в слитки при пожарах. Кроме того, эти монеты трудно подделать, в том числе по причине тугоплавкости: температура плавления платины почти в два раза выше, чем серебра. Из-за тугоплавкости платиновые монеты очень полюбили купцы — деньги не пропадали при пожаре.

Министр финансов Е.Ф.Канкрин в записке на имя Николая I писал: «...Соболевский изобрел весьма простой, легкий и удобный способ обработки платины, посредством которого с 12 мая 1826 года по 1 декабря очищено и обращено в ковкое состояние до 97 пуд. сырой платины... Сим приобретением обер-бергмейстер Соболевский принес существенную пользу России, доказав на опыте обширные познания свои в науках и отличное усердие в службе».

Само собой разумеется, что, когда было решено чеканить платиновые монеты, изготовление партии пробных монет поручили П.Г.Соболевскому. Опыт оказался удачным, сохранилась инструкция («соображение») о способе переработки платины, составленная Соболевским по поручению Е.Ф.Канкрин. На Соболевского было возложено руководство «всем, что относится до успешного производства работ по заготовлению ковкой платины».

Чеканка платиновых трехрублевых монет методом Соболевского и Любарского началась в 1828 году на Санкт-Петербургском монетном дворе. Первую монету отправили всемирно известному немецкому ученому Александру фон Гумбольдту, которого называли Аристотелем XIX века. Он внимательно следил за развитием платинового дела, посетил Францию, Англию, Колумбию. В 1829 году по приглашению русского правительства фон Гумбольдт приехал и в Россию, где в течение восьми месяцев изучал Урал, Алтай и некоторые другие районы. Издатель «Русского архива» П.И.Бартенев вспоминал, что когда Канкрин сообщил фон Гумбольдту о своем намерении выпустить для работы на петербургском Монетном дворе опытного инженера из Германии, то услышал в ответ: «Помилуйте, граф, что вы хотите делать! Да где же искать хороших горных инженеров, как не в России, где им практика такая огромная? Притом у вас есть инженер, который теперь, может быть, один из первых в Европе». — «Кто же это?» — «Полковник Соболевский». Интересно отметить тот факт, что после смерти фон Гумбольдта

Платиновая монета достоинством 150 рублей (1995)



первый платиновый трехрублевик купил император Александр I. Сейчас эта уникальная монета выставлена в Эрмитаже.

Указами от 20 декабря 1829 года и 16 октября 1830 года последовательно были введены в обращение платиновые шести- и двенадцатирублевые монеты, соответствовавшие по диаметру серебряным полтиннику и рублю, весом вдвое и вчетверо тяжелее трехрублевика.

На лицевой стороне платиновых монет был изображен двуглавый орел. На оборотной — год и место чеканки и, конечно, номинал монеты. Взглянем, например, на фото: «1832», «С.П.Б.» (Санкт-Петербургский монетный двор), «6 рублей на серебро» и надпись по кругу: «4 зол. 82 дол. чистой уральской платины». Вес этой монеты — 20,7 г.

В 1834 году П.Г.Соболевский, ставший членом-корреспондентом Петербургской академии наук, выступил с докладом о платиновом производстве в России на съезде немецких естествоиспытателей и врачей в Штутгарте. Он отметил первенствующую роль России в области платинового дела и сообщил, что за первое десятилетие существования платиновой промышленности было добыто более 648 пудов сырой платины; из этого количества чистой платины получено более 470 пудов и из них 460 пудов обращено в монету.

Чеканка платиновой монеты продолжалась 17 лет, до 1845 года, за это время было выпущено ее на общую сумму 4 251 843 рублей. Особый комитет финансов, объявив о прекращении платиновой чеканки «для приведения нашей монетной системы в совершенную стройность», одновременно постановил: «1. Воспретить вывоз платиновой монеты за границу. 2. Привоз платиновой монеты отсюда оставить свободным в продолжение четырех месяцев». Населению предлагалось в шестимесячный срок либо сдать, либо обменять монеты.

Так закончилась история появления в России платиновых монет, предназначенных для регулярного обращения. Больше ни одна страна мира не смогла позволить себе такой роскоши!

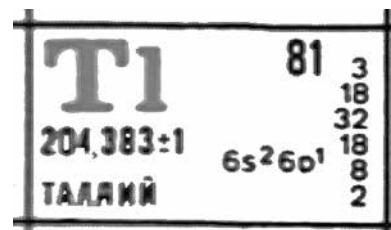
Только через 130 лет в нашей стране снова вернулись к чеканке монет из платины, но предназначались они только для коллекционных целей. В 1977—1980 годах к Олимпиаде в Москве изготовили пять памятных монет достоинством 150 рублей, масса каждой составила 15,55 грамма при содержании платины 99,9. С 1988 года юбилейные платиновые монеты в СССР выпускали ежегодно.

В 1995 году в России последний раз использовали платину для чеканки 150-рублевой памятной монеты, посвященной сражению русских воинов со шведскими рыцарями на Неве в 1240 году. Монета была выпущена в серии «1000-летие России. Александр Невский». На ней, как и на других монетах, есть надпись: «Pt 999».

В первой трети XX века монеты из платины стали делать в Англии, во Франции, в Королевстве Тонга, где в 1967 году отчеканили 400 коронационных платиновых монет. Коллекционерам хорошо известны серии платиновых монет производства Канады — «Платиновый кленовый лист», Китая — «Платиновая панда», Австралии — «Платиновый коала».



Таллий: факты и фактики



Почему французский химик Жан Дюма прозвал таллий утконосом?

Потому, что этот элемент обладает свойствами, которые кажутся такими же несовместимыми, как птичий клюв и четыре лапы. По своей плотности, твердости, да и по внешнему виду таллий похож на свинец. Однако он, как правило, одновалентен, подобно щелочным калию и натрию, а его гидроксид — сильное основание, хорошо растворимое в воде. Зато его соли с галогенами слабо растворимы, что роднит таллий с серебром. А по своему положению в третьей группе Периодической таблицы он родствен галлию и индию. Бывают еще странные соединения таллия, где он одновременно и трех-, и одновалентен, входя в состав и катиона, и аниона.

Как был открыт таллий? Случайно. В 1861 году британец Уильям Крукс, исследуя пыль, которую улавливали на производстве серной кислоты, проводил спектральный анализ и обнаружил в спектре светло-зеленую линию, каковой там быть не должно. Эту линию и давал таллий; его название можно перевести с латыни как «распускающаяся ветка» — *thallus*, хотя на самом деле это серебристый металл. А если попытаться прочитать это слово по-гречески, то получится «высочка». Подержать в руках чистый таллий первому выпало бельгийскому химику Клоду Лами. Он изучал спектры веществ, входящих в шламы сернокислотного производства, и там увидел заветную светло-зеленую линию. От открытия Крукса его отделило лишь несколько месяцев.

Между прочим, Уильям Крукс был удивительной личностью. Он проявил себя не только как ученый и организатор науки (в 1913—1915 годы был президентом Королевского общества). Его интересы как предпринимателя простирались от анализа воды и устройства канализации до добычи золота и производства электроламп. Крукс приложил руку и к научной журналистике — редактировал журнал «Химические новости», послужившего моделью для «Nature». А еще он увлекался спиритизмом и общался с ведущими медиумами своего времени.

Как добывают таллий? Это рассеянный элемент, потому его извлекают из отходов других металлургических производств, причем по довольно сложной многостадийной схеме. Он всегда присутствует в минералах меди и свинца, поэтому пыль этих производств — источник таллия.

Кроме того, он сопутствует кадмию и извлекается вместе с ним. Есть и некоторые другие его источники.

Извлекать таллий из отходов в любом случае полезно: концентрируясь вместе с основными элементами производства, он повышает степень ядовитости отходов. Проблема с ним та же, что и с кадмием: элемент лучше извлекать, нежели выбрасывать, а потом приходится выдумывать, где его использовать, чтобы окупить затраты. Всего в год добывают полтора десятка тонн таллия.

Каким было первое применение таллия? Крысиный яд — сульфат таллия, вещество без вкуса и запаха, способное обмануть даже самых умных грызунов. Такой яд впервые сделали в Германии в 20-х годах, а до этого таллий не был никому нужен. Видимо, тогда же он появился и в детективных романах, и в полицейских сводках, поскольку крысиным ядом по сей день пользуются не только для борьбы с грызунами. Отравление человека таллием — довольно редкое событие, и медики далеко не сразу могут понять причину болезни. В самом деле, покраснение кожи, зуд, жгучие боли в конечностях — не самые яркие симптомы, а до выпадения волос (характерный признак отравления таллием) должно пройти время. Лекарством же служит берлинская лазурь — синий пигмент, смесь гексацианоферратов. Это вещество бывает растворимым и нерастворимым. Так вот, именно растворимая берлинская лазурь лучше многих других препаратов связывает таллий и препятствует его всасыванию. К тому же препарат из берлинской лазури может храниться и десять лет, почти не утрачивая своих свойств.

Поскольку таллий весьма ядовит, голыми руками его касаться не рекомендуют, а хранят под слоем дистиллированной воды, под парафином либо покрывают лаком. Говорят, что, когда началось массовое производство таллия в середине XX века, о его ядовитости не подозревали, и создатели технологии сильно отравились. Также ходят слухи, что, не особо задумываясь о последствиях, из первого советского таллия отлили бюстик в подарок И.В. Сталину, который теперь хранится в плотно закрытой шкатулке.

Как ни странно, таллий, а также другие ядовитые элементы вроде мышьяка, находят в таблетках, рекомендуемых традиционной индийской, так называемой аюрведической медициной. Случаев отравления именно таллием при приеме

таких таблеток замечено не было, а вот свинцом пациенты травились. Почему отравления случаются отнюдь не всегда — неясно. Можно предположить, что аюрведические методы детоксикации препаратов (вроде кипячения в масле, коровой моче, масле сизаля) действительно работают, отравления же связаны с нарушением методик. Правда, непонятно, чем такая детоксикация может помочь, если препарат на 86% состоит из тяжелых металлов («International Journal of Environment and Health», 2008, 2, 3/4, 463—474).

В каких растениях накапливается таллий? Из съедобных — в шпинате, табаке, корнях цикория, винограде. Свекла, например, может добыть таллий из почвы даже там, где аналитические приборы его не могут зафиксировать. Рекордсменом же считается плешатка гладкая, она же очи гладкие или кулачная горчица (*Biscutella laevigata*), которая растет в Татрах и Карпатах. Плешатка вытягивает из почвы не только таллий, но и свинец, и кадмий. Те растения, что живут на загрязненных почвах в районе металлургического производства, сильно отличаются от произрастающих в чистых местах — у первых гораздо тоньше листья, и они плотно усеяны ворсинками. Есть надежда использовать плешатку для очистки почв от ядовитых металлов.

Каково основное применение таллия? Больше всего его идет на приготовление подшипниковых сплавов на основе свинца и олова: в них содержание таллия достигает 8%. Таллий и повышает прочность сплава, и благодаря низкой температуре плавления облегчает заживление дефектов, возникающих во время работы детали. Добавка таллия к системе из свинца, олова и сурьмы приводит к получению кислотостойкого сплава, его применяют для облицовки трубопроводов на соответствующих заводах. Амальгама из таллия и ртути замерзает при охлаждении до -60°C — такой сплав прекрасно работает в низкотемпературных термометрах, применяемых полярными исследователями. Кроме того, таллий может играть роль катализатора. Так, трехвалентный таллий неплохо окисляет метан, этан и пропан в соответствующие эфиры («Science» 2014, 343, 6176, 1232—1237; doi: 10.1126/science.1249357), что обычно делают ионы переходных металлов.

Чем замечательны соединения таллия? У них есть несколько интересных свойств. Так, хлорид и бромид таллия прозрачны для инфракрасного света.

Поскольку они весьма химически стойки, пластинки из этих соединений служат прекрасными защитными окнами для инфракрасной оптики. А оксисульфид таллия, наоборот, весьма чувствителен к инфракрасным лучам, то есть из него получается неплохой фотоэлемент. В годы Второй мировой войны пытались разрабатывать приборы ночного видения с использованием соединений таллия, а после войны с их помощью делали прицелы и системы наведения бомб и снарядов на всякие «теплые» объекты вроде бронетехники или самолетов. Есть мнение, что именно такие системы вызвали интерес к таллию и подтолкнули к созданию технологии его производства. Из соединений таллия делают не только инфракрасные детекторы и фотоэлементы. С их помощью, например, ловят черенковское излучение в соответствующих приборах. Добавляют таллий в качестве активатора и к другим веществам, применяющимся в качестве детекторов излучения.

Каковы перспективные применения таллия? Исследователи пытаются использовать таллий для разработки новых материалов с необычными электронными свойствами. Например, известно, что этот тяжелый атом препятствует движению фононов — колебаний кристаллической решетки, переносящих тепло. А значит, его добавка в решетку некоего вещества должна понижать теплопроводность материала. Но при этом таллий не мешает течению электрического тока, хотя обычно электрическое сопротивление растет с уменьшением теплопроводности. Разрушение связи между этими свойствами нужно для создания термоэлектрических материалов, способных превращать бросовое тепло в электроэнергию. С использованием таллия удалось достигнуть рекордных значений температуры сверхпроводящего перехода в высокотемпературных сверхпроводниках на основе барий-купратной керамики — выше 110K. Больше только у сверхпроводников с ртутью. Правда, этот рекорд достигнут уже давно, других сверхпроводников с таллием более не создано, и до заветной комнатной температуры или хотя бы температуры сухого льда очень далеко. Пытаются создавать на основе таллия и халькогенидные стекла с высокой ионной проводимостью — такие материалы нужны для перспективных источников тока.

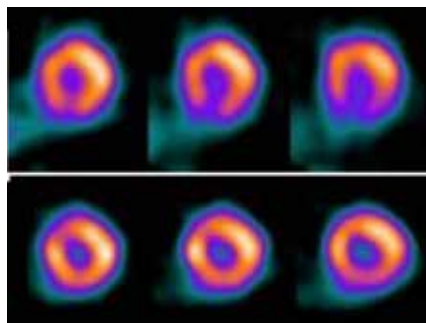
Как таллий применяют в медицине? При всей своей ядовитости таллий очень нужен кардиологам. Но не как лекарство: изотоп таллий-201 необходим для быстро развивающегося метода исследования, так называемой однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, точнее, для одного из ее важнейших направлений — изучения состояния сосудов в сердечной мышце (SPECT-MPI). Метод этот придумали давно, в 60-х годах. Суть его в том, что агент, распределенный по кровеносной системе, излучает гамма-кванты, а их

ловит расположенный снаружи детектор из кристалла иодида натрия, который, перемещаясь вдоль тела, формирует картину объемного распределения этого агента. В современной версии детектор состоит из матрицы маленьких кристаллов-пикселей, то есть ловит излучение сразу от нескольких точек, — это резко ускоряет съемку томограммы.

Исследуя таким способом сердечную мышцу, можно узнать, где именно в ней нарушено кровоснабжение и принять меры, например, вшить в артерию стент. Этот метод очень быстро приобретает популярность: так, в США подобные томографы есть чуть ли не в каждой клинике, а число пациентов, прошедших такое обследование, за десять лет, с 1998 по 2008 год, удвоилось, достигнув 8 млн. человек. Съемку проводят в два этапа: в состоянии покоя и после физического упражнения или вызванного каким-либо способом стресса.

Порой исследование сердца методом SPECT-MPI превращается в настоящий медицинский детектив. Пример такой истории можно найти в «Journal of Cardiology Cases» (2013, 8, e54–e56; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jccase.2013.04.004>). Медики из Мемориального госпиталя Мацуситы (Япония) во главе с Канеко Нозому пытались понять, отчего у пациента болит в груди. Дело было так. Шестидесятилетнему пациенту за семь лет до обращения в госпиталь сделали стентирование — заменили заросший участок сосуда, снабжающего сердце кровью. А спустя два года он пристрастился к пиву и стал выпивать каждый вечер одну баночку перед ужином, сам же ужин закачивался спустя четверть часа. И вот он заметил, что еще через пятнадцать минут в груди возникает боль, которая продолжается десять минут, а затем пропадает. Медики провели тщательнейшее обследование и ничего не нашли. Ни шумов в сердце, ни особенностей на кардиограмме, ни отклонений в составе крови, ни проблем с печенью или почками. Эхокардиограмма показала, что с сердцем все в порядке. В чем же дело?

Пациенту дали портативный кардиограф, чтобы он снимал кардиограмму



Спустя пятнадцать минут после ужина сердце пациента не полностью снабжается кровью (вверху), таллий распределен неравномерно, а через три часа все приходит в норму (Nogomi Kaneko et al. «Journal of Cardiology Cases» 2013, 8)



ЭЛЕМЕНТ №...

сразу после ужина. Кардиограмма подтвердила: в этот ограниченный промежуток времени в сердце что-то происходит, боли пациенту не мерещатся. Вот тут-то и пригодились томография с использованием таллия-201. Препарат ввели пациенту спустя 15 минут после ужина, когда должна была появиться неуловимая боль, и стали смотреть на сердечные сосуды. Действительно, кровь в один из участков не поступала. А спустя три часа все пришло в норму. Естественно, стали грешить на заросший стент. Провели ангиографию и увидели, что угадали: стент зарос на 75%. Но это было еще не все: на другом участке артерии возникло сужение сосудистого пространства, причем очень сильное, на 90%. Спирт, как известно, повышает тонус сосудов — они сжимаются тем сильнее, чем выше его содержание в крови. А вот ацетальдегид, продукт разложения спирта, наоборот, расслабляет сосуды. Видимо, боль в груди у пациента и возникла в момент наибольшей концентрации спирта в крови, когда артерия в тонком месте совсем сужалась. Ему провели новую операцию, и через полгода он без всяких последствий снова потреблял свою вечернюю баночку пива.

Альтернативой таллию служит технеций — энергия его гамма-квантов в два раза больше, а период полураспада — 6 часов против 27 у таллия. Поэтому доза облучения от препарата технеция в два раза меньше, чем от препарата таллия, а контрастность изображений выше. Впрочем, сегодня применяют и тот, и другой элемент, а иногда их смесь.

У таллия обнаружено еще одно поле деятельности — есть подозрения, что он избирательно накапливается в некоторых опухолях мозга. Тогда томография с использованием этого элемента позволяет не только находить опухоли, но и различать их по контрасту изображения.

Зачем таллий нужен квантовым химикам? Расчетами молекулы гидрида таллия специалисты по квантовой химии проверяют методики работы с тяжелыми элементами. В отличие от легких, в них нужно учитывать и релятивистские эффекты, и вклады многочисленных электронов. Тяжелый таллий с легчайшим водородом оказались отличной моделью для таких расчетов.

А. Мотыляев

Новый взгляд на школьную реакцию

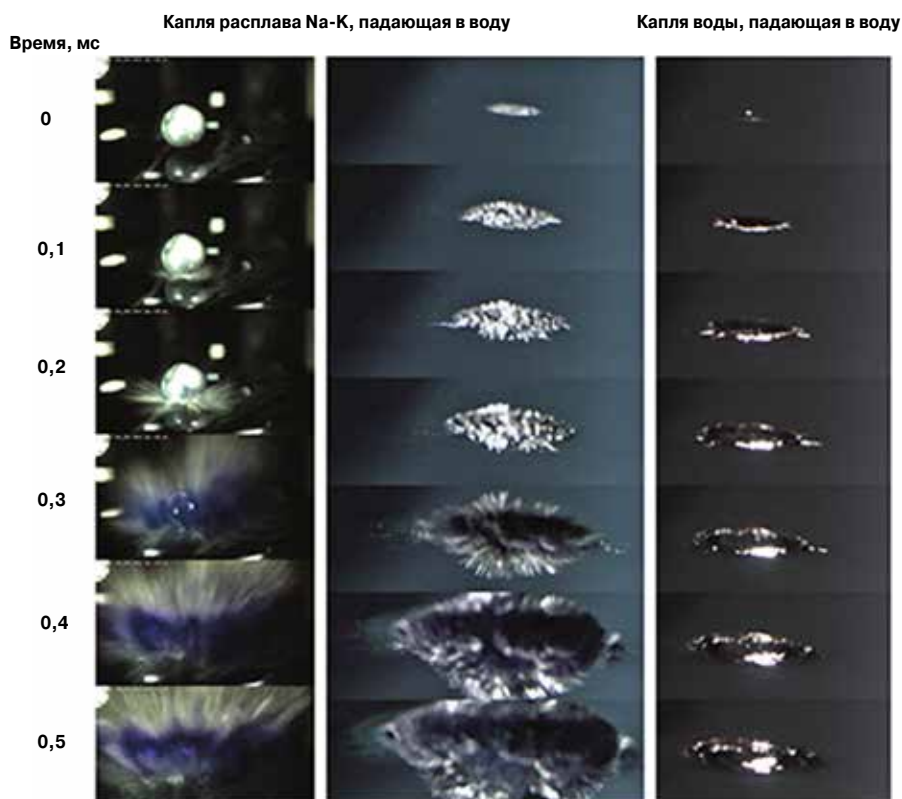


Команда ученых из Чехии и Германии обнаружила новые интересные детали в реакции щелочных металлов с водой («Nature Chemistry», 2015, 7, 250—254, doi: 10.1038/nchem.2161). Бурная реакция воды и натрия — опыт, который демонстрируют на уроках химии. Из школьных учебников можно узнать, что при этом образуется пар, воспламеняется образующийся водород и выделяется много тепла: $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}_2$. Электроны переходят из металла в водный раствор, в результате чего и образуются гидроксид и водород. При взаимодействии натрия с водой выделяется больше энергии, чем при взрыве эквивалентной массы тротила.

Впрочем, школьный эксперимент не всегда заканчивается бурной реакцией. Химики не всегда могут объяснить, почему реакция при незначительных изменениях условий протекает по-разному. Понятно, что реакция происходит на поверхности — там, где контактируют металл и вода. Кроме того, выделяющиеся при реакции пар и водород теоретически должны образовывать газовый слой, который отделяет реагенты друг от друга и мешает им взаимодействовать дальше.

Поскольку известно, что интенсивность реакции зависит от выбора металла, чистоты его поверхности, скорости, с которой он попадает в воду, температуры воды и многого другого, главной задачей исследователей было сделать эксперимент воспроизводимым. Для этого они, во-первых, использовали калий-натриевый сплав с 90%-ным содержанием калия, который при комнатной температуре существует в виде жидкости. Такой сплав можно было капать в воду из шприца, дозируя его в определенном количестве (100 мг). Во-вторых, во всех экспериментах шприц находился на одном и том же расстоянии от воды (1 м). Ученые снимали процесс на высокоскоростную камеру, чтобы подробно рассмотреть раннюю стадию взрыва.

Оказалось, что реакция начинается за доли миллисекунды. Через 0,5 миллисекунды после того, как капля калий-натриевого сплава диаметром 6 мм коснулась воды, происходит взрыв с активным выделением газа. На снимках хорошо видны иглы, которые начинают формироваться на поверхности металла уже через 0,25 мс — гораздо



Снимки реакции капли калий-натриевого сплава с водой, сделанные высокоскоростной камерой. В левой колонке — падение капли в воду, снятое над водой, а в средней — из-под воды. В правой колонке для сравнения представлено падение капли воды, снятое снизу. На пятой картинке в средней колонке хорошо видны иглы

раньше, чем образуются продукты реакции, например пар. Эти иглы резко увеличивают площадь поверхности. Но взрыв происходит именно благодаря выделяемому водороду. Когда в эксперименте вместо воды использовали жидкий аммиак ($-77,8^\circ\text{C}$), иглы на металле также образовывались (правда, менее четкие), однако, водород не выделялся, и взрыва не было.

Ученым удалось понять, какая сила заставляет металл расширяться и формирует иглы в такой короткий срок. Оказалось, что после потери электронов металл приобретает существенный положительный заряд. Металлические иглы, которые формируются на ранней стадии реакции, — это результат отталкивания щелочных катионов, образующихся на поверхности сплава после миграции электронов в воду. Металл стабилен, пока положительный заряд

ядер уравновешен отрицательным зарядом электронов. Но если часть электронов покидает кристаллическую решетку металла, то она теряет устойчивость и разрушается — такое явление называется «кулоновским взрывом». Именно это превращает поверхность реагирующего металла в «ежик» и делает реакцию такой бурной. Поскольку при контакте с водой образуется новая поверхность металла, реакция не гасится продуктами взаимодействия, и получается взрыв.

Когда в воде или щелочном металле есть примеси, взрыва не происходит. Например, взрыва можно избежать, если добавить в воду небольшое количество гексанола — поверхностно-активного вещества, которое помешает реагировать воде и металлу.

Насчет применения этого открытия в производстве ученые ничего не говорят, но они уверены, что результаты их работы очень важны для общего понимания химических процессов. Да и преподаватели теперь могут дать будущим химикам более полную картину реакции щелочных металлов и воды.

Сможет ли цинк решить проблему бесплодия?



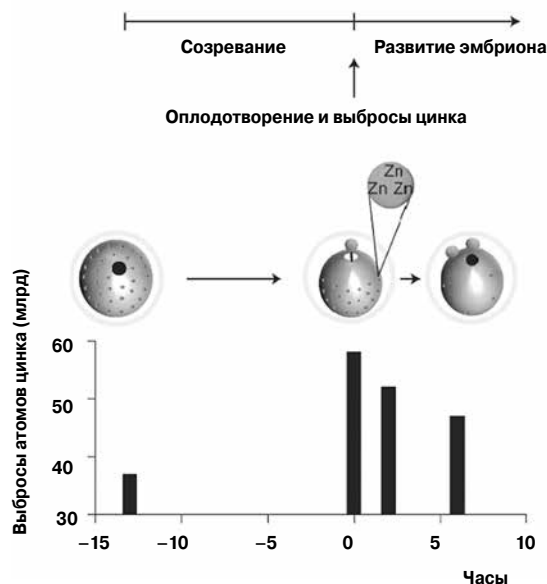
Команде исследователей с помощью нового подхода удалось подробнее рассмотреть, как оплодотворенная яйцеклетка выбрасывает ионы цинка, — этот процесс необходим для ее превращения в эмбрион («Nature Chemistry», 2015, 7, 130—139, doi: 10.1038/nchem.2133).

Цинк — один из необходимых кофакторов металлопротеинов (кофакторами называют небелковые компоненты ферментов). Он играет важную роль в мейозе — многостадийном процессе деления, при котором образуются половые клетки. В яичниках находятся незрелые яйцеклетки (ооциты), остановившиеся на первой стадии мейоза. С началом полового созревания яйцеклетки одна за другой выходят из яичника, причем мейоз продолжается. Яйцеклетка на заключительной стадии мейоза готова к оплодотворению. До момента оплодотворения повышение концентрации ионов цинка в яйцеклетке необходимо для ее созревания, а после оплодотворения происходит выброс цинка, который не менее важен для нормального перехода яйцеклетки в эмбрион.

Известно, что если при оплодотворении оставить содержание цинка высоким, то нарушается образование пронуклеусов (материнского и отцовского ядер внутри яйцеклетки; потом их оболочки растворяются, и начнется первое деление первой клетки нового организма). А если убрать цинк у зрелых ооцитов, обработав их хелатирующими агентами, то инициируется партеногенез — активация яйцеклеток без участия сперматозоида; развитие продолжается несколько дней, но жизнеспособного эмбриона не получается. И наоборот, если обработать яйцеклетки стимулятором партеногенеза, они выбрасывают цинк. Все это говорит о его ключевой регуляторной роли.

Ученые обычно исследуют ранние этапы развития эмбриона на яйцеклетках мышей. Мышиная яйцеклетка в процессе созревания накапливает 2×10^{10} атомов цинка — за несколько часов его содержание в клетке увеличивается на 50%. А оплодотворенная яйцеклетка теряет примерно 10^{10} атомов цинка.

Было известно, что после оплодотворения яйцеклетка выбрасывает ионы цинка во внеклеточное пространство несколькими залпами — «цинковыми вспышками». В предыдущих исследова-



Цинк играет важную роль в жизни каждого млекопитающего — во всяком случае, в первые ее часы. Вверху — этапы развития яйцеклетки, ниже — перемещения внутриклеточных мембранных пузырьков, содержащих ионы Zn^{2+} , внизу — гистограмма выбросов цинка

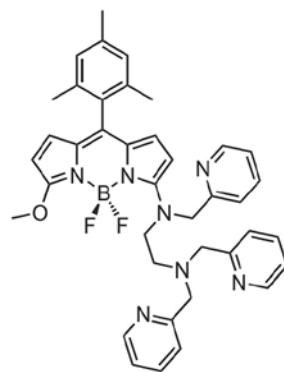
ниях эта же команда ученых установила, что яйцеклетка накапливает цинк с помощью мембранных белков-насосов, которые доставляют его внутрь через специальные каналы. Теперь ученые задались вопросом: как цинк покидает клетку?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужны достаточно чувствительные методы определения цинка, а их не было. Авторы статьи объединили несколько методов: специально разработанный чувствительный сенсор на цинк, который синтезировали на основе дипирометена бора и полипиридина, просвечивающую растровую электронную микроскопию и энергодисперсионную спектроскопию, рентгенофлуоресцентный анализ для количественной оценки цинка внутри мембранных пузырьков, электронную 3D- томографию для количественного определения цинка в отдельной клетке.

Исследователи выделили яйцеклетки мыши на разных стадиях развития. Им удалось установить, что цинк выбрасывается из мембранных пузырьков, находящихся под поверхностью яйцеклетки. Давно было известно, что из таких пузырьков оплодотворенная яйцеклетка выпускает специальные вещества, предотвращающие проникновение

второго сперматозоида; оказывается, тем же путем клетку покидает и цинк. Пузырьков около 8000, и в каждом по миллиону ионов Zn^{2+} . Ученые предполагают, что значимо не только понижение концентрации цинка внутри клетки, но и ее повышение снаружи: например, цинк каким-то образом воздействует на сперматозоиды.

Теперь существует метод, который позволяет отслеживать содержание цинка в клетках и в околоклеточном пространстве, и это **возможно поможет** в решении проблемы бесплодия. «Количество цинка, выпущенного ооцитом, может быть показателем качества оплодотворенной яйцеклетки, — говорит Тереза Вудрафф, один из авторов работы. — Если мы сможем определить лучшие яйцеклетки, то будем терять меньше эмбрионов во время лечения бесплодия. Наши результаты помогут нам приблизиться к этой цели». Также с помощью этих методов можно исследовать функции цинка и в других клетках или тканях.



Формула молекулы-сенсора.

Адамантан

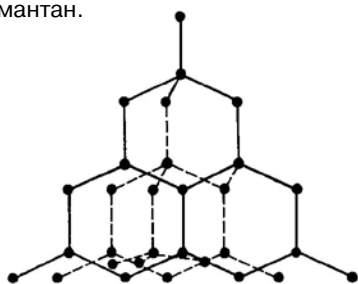
М

не кажется, что в наше время пора вводить вместо советской аббревиатуры ФИО расширенную версию ФИОН: «фамилия-имя-отчество-ник». Признаюсь, есть ник и у меня. Многие в Сети знают меня под ником *adamanta* (ну или под более панибратским *damantych*). Это слово возникло еще в те далекие годы, когда я был настоящим химиком. На самом деле я хотел завести себе ник *adamantan* в честь красивого углеводорода, да и греческое слово «неодолимый» манило, но в бумажной анкете было всего восемь окошек для букв... Я до сих пор использую в качестве ника эту безупречную молекулу, уникальную тем, что ее структура, с одной стороны, жесткая, а с другой — лишена всех возможных пространственных напряжений, которые бывают свойственны многим циклическим молекулам.



Владимир Прелог
(1906—1998)

21—27 сентября 1924 года в Инсбруке состоялся крупный конгресс естествоиспытателей. В числе прочих на нем выступил некий химик по фамилии Деккер (в отчете о конгрессе, опубликованном в авторитетном журнале «*Angewante Chemie*», он фигурирует только как H. Decker из Йены) с докладом «Пути синтеза алмаза». В этом докладе он рассматривал возможности синтеза углеводородов со структурой, подобной атомной решетке алмаза, и предсказывал, что молекулы со 100—200 атомами углерода будут уже сильно напоминать алмаз. Тут-то он и упомянул молекулу «декатерпена» $C_{10}H_{16}$, несколько удивляясь тому, что она еще не синтезирована. Так впервые попал в поле зрения химиков еще гипотетический углеводород адамантан.



Кристаллическая решетка алмаза

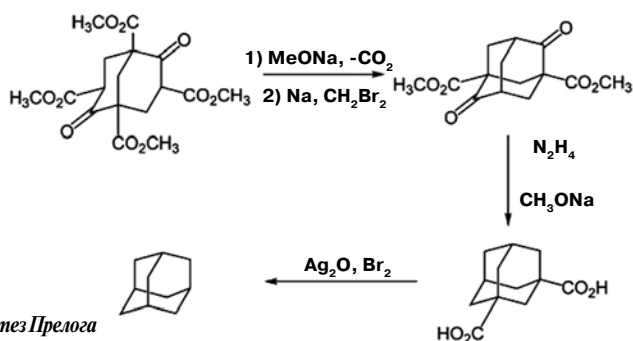
Любопытнее всего то, что вещество с точно такой же структурой было известно уже очень давно. Подобное вещество синтезировал еще великий Александр Бутлеров в 1859 году взаимодействием аммиака и формальдегида. Называется оно уротропин, или гексаметиленetetрамин. Правда, в структурных узлах этой молекулы находятся не атомы углерода, а атомы азота. Это вещество до сих пор хорошо известно и используется в быту. Большинство его знает как сухое горючее, медики применяют его как антисептик и называют «метенамин». Кстати, это один из немногих случаев, когда использующийся сейчас синтетический медицинский препарат имеет более чем вековую историю применения.

Но вернемся к нашим адамантанам. В том же 1924 году знаменитый немецкий химик Ганс Меервейн (автор знаменитого реагента своего имени, тетрафторобората триэтилоксония) таки предпринял попытку синтезировать «декатерпен». Он заставил прореагировать формальдегид с малоновым эфиром в присутствии пиперидина. Однако получилось вещество, которое оказалось не совсем адамантаном, и получило название «эфир Меервейна».

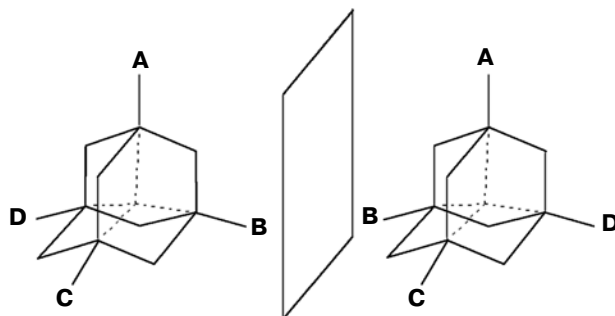
В 1933 году интерес к адамантану возрос еще больше, поскольку чистое вещество нашли в природе — в нефти. Чешские нефтехимики Ланда и Махачек выделили его из продуктов Годонинского месторождения. Попытки синтеза продолжались, но еще восемь лет ничего не получалось. В качестве примера неудачной попытки можно привести вариант синтеза из флороглюцина и циклогексанона.

В год начала Великой Отечественной войны в дело вступил будущий нобелевский лауреат, хорватско-швейцарский химик (тогда он еще не переехал в Цюрих) Владимир Прелог. Он обратился к неудаче Ганса Меервейна и продолжил «колдовать» с результатом его синтеза. В итоге в четыре стадии и с выходом менее процента получился первый в мире синтетический адамантан.

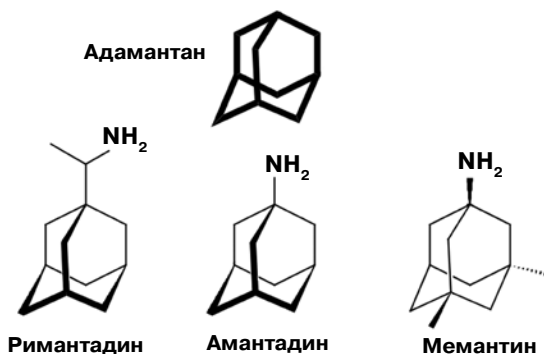
То, что адамантан синтезировал именно Прелог, очень символично. Ведь именно он стал основателем современной стереохимии, человеком, который навел порядок в химической номенклатуре оптически активных веществ. Адамантан же примечателен не только своей структурой — он оказался первым веществом с хиральным



Синтез Прелога



У производных адамантана могут быть оптические изомеры



О ВЕЩЕВЬЕ ПО СУЩЕСТВУ

центром вне самой молекулы. Ведь вся молекула адамантана подобна одному атому углерода. Если повесить на нее четыре разных заместителя у третичных атомов углерода, то они расположатся по вершинам воображаемого тетраэдра, и молекула будет несовместима со своим зеркальным отображением. В 1969 году такие соединения были получены и разделены на оптические изомеры. А называть их стали по возникшей между 1941 и 1969 годом системе Кана — Ингольда — Прелога, в создании которой самое активное участие принял человек, впервые синтезировавший адамантан.

Но мы до сих пор ничего не сказали о практической пользе таких молекул. Прошло чуть более четверти века со дня первого синтеза адамантана, и его простенькое производное — аминоадамантан, или амантадин, — стали

использовать в качестве противовирусного средства. Оказалось, что эта небольшая молекула весьма опасна для вируса гриппа. Чуть позже выяснилось, что амантадин неплохо снимает симптомы паркинсонизма — быстрее леводопы и с минимумом побочных эффектов. В этих направлениях и поныне развивается фармакохимия адамантанов. Два самых известных препарата адамантана как раз относятся к этим направлениям.

Первый — римантадин. Это тоже однозамещенный адамантан, к которому прикреплена группа CH_3CHNH_2 . Его начали тестировать как противовирусное средство еще до амантадина (если первый получили в 1967 году, то римантадин — еще в 1963-м). Его до сих пор активно используют против самых разных вирусов — от гриппа А и герпеса до клещевого энцефалита. Он подавляет

репродукцию вирусов на начальном этапе — сразу после проникновения их в клетку. Одно из коммерческих названий этого препарата — ремантадин; почему через «е» — загадка фармацевтического рынка.

Второй — мемантин. Как можно понять из названия, этот препарат воздействует на память. Он действительно улучшает ее у пациентов с болезнью Альцгеймера, но мемантин пытаются приспособить и к лечению других видов деменций.

Так что адамантан, ставший почти случайно моей химической подписью, — не только безупречная по форме молекула, но интересное и полезное вещество с яркой биографией.

Алексей Паевский



Реквизиты:

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

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

Стоимость подписки на первое полугодие 2015 года с доставкой по РФ — 960 рублей, при получении в редакции — 600 рублей.

Об электронных платежах см. www.hij.ru.

Справки по телефону (495) 722-09-46.

Синдром хорошего поведения

Кандидат
биологических наук
Н.Л.Резник

Отбор наиболее дружелюбных

Человек окружен животными. Собаки и кошки, коровы, свиньи, лошади, крысы и морские свинки, кролики, а также множество других видов одомашнены людьми в разных местах земного шара и для разных целей. За тысячи лет каждый вид разветвился на множество пород, но, несмотря на поразительное разнообразие, все домашние млекопитающие, а также некоторые птицы и даже рыбы обладают наследственными особенностями внешности, физиологии и поведения, которые отсутствуют у диких предков (рис. 1).

Домашние животные не боятся человека, их окраска разнообразнее, чем у диких предков (особенно часто возникают белые пятна), зубы и челюсти меньше, морда шире и короче, уши небольшие или висячие, хвост загибается колечком. У домашних животных изменен уровень адренокортикотропного гормона, они дольше взрослеют, мозг у них меньше, эстральные циклы самок участились и нередко утрачивают сезонность. Многие из этих признаков отметил еще Чарльз Дарвин и назвал их сочетание синдромом доместикации. Не у каждого одомашненного вида есть полный набор, но без нескольких признаков не обходится ни один (см. таблицу). Пусть вас не удивляет, что в ней упомянуты бонобо. Специально их не приручали, однако, по некоторым данным, бонобо отличаются от родственных им шимпанзе, как домашние животные от диких. Скорее всего, это побочный результат менее агрессивного по сравнению с шимпанзе образа жизни.

Разумеется, Дарвин постарался объяснить возникновение синдрома доместикации. Хотя к тому времени уже была опубликована работа Менделя «Опыты над растительными гибридами», признания она не получила. Даже несколько десятилетий спустя многие последователи Дарвина скептически относились к генетике. В 1909 году Илья Ильич Мечников, побывав на торжествах, прошедших в Кембридже в честь столетия со дня рождения Дарвина, писал: «Сэр Рэй Ланкастер, бывший директор Лондонского музея естественной истории, выступив от имени английских натуралистов... определенно высказывался против теории внезапных мутаций, разработанной де Фризом, а также против результатов исследований о наследственности, проводящихся Бэтсоном на основании открытия Менделя, о котором так много говорят в течение последних лет».

Генетика сказала свое слово позже, а в 1868 году Дарвин в книге «Изменение животных и растений в домашнем состоянии» предложил два объяснения синдрома доместикации. Первое заключалось в том, что на домашних животных повлияли условия жизни, более мягкие, чем в дикой природе, особенно достаточное питание. Но это предположение не объясняло, почему доместикация затронула именно данные признаки и именно таким образом. Кроме того, непонятно было, сколько времени должны действовать эти мягкие условия, чтобы признак стал наследуемым. Дарвин предпо-



1

У всех домашних животных есть что-то общее

ложил, что животные, выпущенные в дикую природу, через некоторое время утратят «домашние» черты. Проверить эту гипотезу ему не удалось: животные на свободе плохо выживали и скрещивались с дикими, а это затрудняло анализ результатов. Но, согласно современным данным, одичавшие домашние животные сохраняют свой маленький мозг не менее 40 поколений.

Второе объяснение заключалось в том, что признаки доместикации появляются в результате межпородной гибридизации или скрещивания между близкими видами. Гибридизация действительно создает новые признаки, но опять-таки непонятно, почему у столь разных видов возникли именно эти сходные особенности. Позже гипотезу проверили экспериментально, и она не подтвердилась.

В последующие годы было много попыток объяснить возникновение доместикационного синдрома. Большинство гипотез, однако, касалось отдельных признаков, а не их совокупности. С генетической точки зрения трудно понять, почему селекция на мясность или молочность вызывает образование белых пятен на шерсти и закручивание хвоста. Очевидно, задачу надо решать комплексно.

Признаки одомашнивания у разных видов животных

Признак	Виды животных
Изменения окраски (белые пятна, коричневые зоны)	Мышь, крыса, морская свинка, кролик, собака, кошка, лисица, норка, хорек, свинья, северный олень, овца, коза, крупный рогатый скот, лошадь, верблюд, альпака, гуанако
Висячие уши	Кролик, собака, лисица, свинья, овца, коза, крупный рогатый скот, осел
Маленькие уши	Крыса, собака, кошка, хорек, верблюд, альпака, гуанако
Укороченная морда	Мышь, собака, кошка, лисица, свинья, овца, коза, крупный рогатый скот
Маленькие зубы	Мышь, собака, свинья
Ручное поведение	Все одомашненные животные
Уменьшение размера мозга или объема черепа	Крыса, морская свинка, песчанка, кролик, свинья, овца, коза, крупный рогатый скот, як, лама, верблюд, лошадь, осел, хорек, кошка, собака, норка
Участвовавший репродуктивный цикл	Мышь, крыса, песчанка, собака, кошка, лисица, коза, гуанако
«Детское» поведение	Мышь, собака, лисица, бонобо
Загнутый хвост	Собака, лисица, свинья

В 1950-х годах этой проблемой заинтересовался академик Дмитрий Константинович Беляев. Он предположил, что, отбирая себе помощников, компаньонов или источник молока и мяса, люди прежде всего обращали внимание на поведение животного. Нельзя запрягать лошадь, которая только и ждет, чтобы укусить или лягнуть человека, невозможно пасти стадо, которое в страхе разбегается при виде пастуха. Все домашние животные должны быть как минимум толерантны к человеку, иначе они не смогут пользоваться теми смягченными условиями жизни, о которых писал Дарвин. Очевидно, рядом с людьми поначалу уживались стрессоустойчивые особи, но постепенно в ходе отбора человек создавал популяцию дружелюбных животных. Гены, контролирующие поведение, как правило, влияют на многие признаки, в том числе морфологические и физиологические, поэтому отбор на ручное поведение мог привести к возникновению доместикационного синдрома.

Для проверки этой гипотезы Д.К.Беляев и его сотрудники начали эксперимент по одомашниванию серебристо-черной лисицы — формы красной лисицы *Vulpes vulpes*. Лис разводятся на фермах, в клетках, людей они не любят и боятся. Среди этих животных исследователи стали отбирать наиболее лояльных к человеку. Из каждого предыдущего поколения около 10% наиболее миролюбивых особей оставляли для получения последующего. Первые скрещивания поставили в 1959—1960 годах на одной из эстонских ферм, а в конце 60-х животных перевезли на экспериментальную звероферму Института цитологии и генетики СО РАН, где работы продолжают до сих пор под руководством доктора биологических наук Людмилы Николаевны Трут. Один из ее недавних обзоров на русском языке можно прочитать в журнале «Вестник ВОГиС» (2007, 11, № 2, 273—289).

За годы отбора лисы стали совсем ручными, позволяют брать себя на руки и бегают за людьми, как собаки. У них появились признаки, свойственные собакам и другим домашним животным: белые пятна на шкурке (в первую очередь характерная для многих одомашненных видов «звездочка» на голове) и светло-бурые подпалы, висячие уши, загнутый в кольцо, как у лайки, хвост. Морда у ручных лис в среднем шире и короче, чем у лис, не проходивших отбор по поведению, а у некоторых животных стали короче лапы



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

и хвост. Гормональная и нейромедиаторные системы также изменились. Отбор на ручное поведение привел к тому, что лисята, подобно щенкам собак, понимают жесты и взгляды человека и используют их как подсказки, ориентируясь в антропогенной среде. Волчата, выросшие рядом с человеком, делать этого не умеют.

По мнению исследователей, изменения, произошедшие с одомашненной лисицей, очень похожи на трансформацию примитивной собаки. Результаты их многолетней работы подтвердили гипотезу Д.К.Беляева о том, что ключевым фактором перехода дикого животного в домашнюю форму служит селекция на дружелюбное отношение к человеку. Ученые полагают, что этот отбор затрагивает гены-регуляторы, влияющие на активность целой сети генов, которые работают в разных тканях, вовлеченных в доместикационный синдром. Не случайно Д.К.Беляев назвал этот отбор дестабилизирующим.

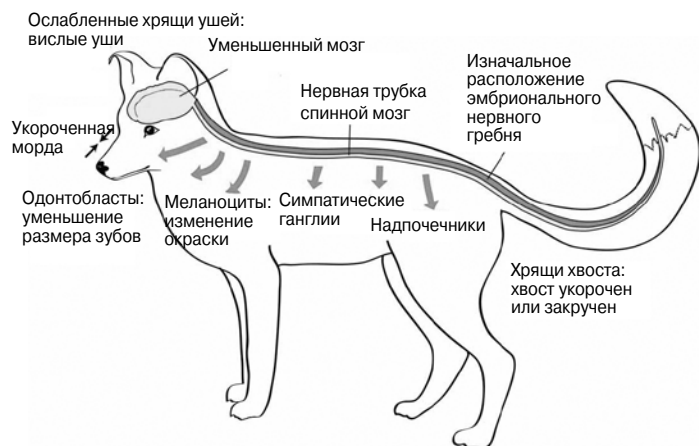
От нервного гребня до кончика носа

Работы Беляева стали классикой мировой науки. Его памяти посвятили свою статью о природе доместикации Адам Уилкинс из Института теоретической биологии Университета Гумбольдта, профессор Гарвардского университета Ричард Врэнхэм и профессор Венского университета Текамсе Фитч («Genetics», 2014, 197, 795—808, doi: 10.1534/genetics.114.165423). Но хотя авторы обсуждают и цитируют работы Беляева и его последователей и в своих рассуждениях опираются на результаты новосибирских ученых, они не вполне согласны с их выводами.

Основное противоречие Адам Уилкинс и его коллеги видят в том, что предполагаемая генная сеть должна влиять на очень большое количество разных признаков, но такие сети пока не описаны, а уже известные имеют более ограниченный радиус действия, например определяют структуру крыльев насекомых или поджелудочной железы млекопитающих. Кроме того, нарушения работы регуляторного элемента, управляющего обширной генной сетью, должны иметь очень серьезные последствия. Факты, однако, этому противоречат: хотя у одомашненных лисиц уровень внутриутробной смертности выше, чем у не проходивших отбор, в целом вредные воздействия селекции на ручное поведение весьма умеренны.

По мнению исследователей, за синдром доместикации отвечает множество взаимодействующих генов, причем мутация в каждом из них оказывает довольно слабый количественный эффект. Многие из этих генов работают в клетках нервного гребня.

Клетки нервного гребня (КНГ) — стволовые клетки позвоночных, они появляются в раннем эмбриогенезе как острый выступ (гребень) на спинной стороне нервной трубки, откуда мигрируют по всему телу, дают начало многим типам клеток и



2

Дефицит клеток нервного гребня на ранних стадиях развития вызывает сокращение популяции меланоцитов и нарушение пигментации, недостаток хондроцитов (предшественников хрящевой ткани) лицевого скелета и ушной раковины, нехватку одонтоцитов, образующих зубы, недоразвитие мозга и надпочечников

тканей и косвенно стимулируют развитие других. КНГ — предшественники костной, хрящевой и нервной тканей лицевого черепа, включая челюсти, подъязычную кость, гортань, наружное и среднее ухо, а также симпатических ганглиев, мозгового вещества надпочечников, меланобластов туловища и головы, одонтобластов (предшественников зубов). Хотя клетки нервного гребня нельзя считать прямыми предшественниками центральной нервной системы или коры надпочечников, они играют важную роль в их развитии. Основываясь на этих хорошо известных эмбриологических данных, исследователи предположили, что доместикационный синдром возникает из-за дефицита КНГ. Дефицит этот вызван малым количеством образовавшихся клеток, их пониженной способностью к миграции и, следовательно, нехваткой в «пункте прибытия» или недостаточно активным делением клеток в этих пунктах. Существует много клинических и экспериментальных работ, поддерживающих эту гипотезу.

В генетических механизмах доместикации еще предстоит разбираться, но авторы гипотезы полагают, что самую важную роль играют дефекты миграции. Их убеждение основано на том, что признаки доместикации проявляются прежде всего в частях тела, удаленных от места образования нервного гребня: на морде, концах лап, хвосте, на середине живота; очевидно, КНГ не достигают этих мест. В пользу данного предположения говорит и разнообразие пигментации у разных представителей одного вида: те же белые «носочки» и пятна на животе могут различаться формой и размером.

Итак, при селекции на ручное поведение происходит отбор животных с дефицитом клеток нервного гребня или с их пониженной функцией, что вызывает соответствующие внешние и физиологические изменения (рис. 2).

Изменения пигментации характерны практически для всех пород домашних животных. Чаще всего это белые пятна на мехе, порой довольно обширные, и коричневые области. Белые пятна — первый признак, который появился у одомашненных в Новосибирске лисиц, норок и крыс. Известно по крайней мере 125 генов, тем или иным образом влияющих на пигментацию, в том числе 25 регулируют развитие нервного гребня и миграцию его клеток. Меланоциты образуются лишь из небольшого пула КНГ, которые должны доползти до определенного места; у одомашненных животных они не доползают. Исследователи подчеркивают, что при доместикационном синдроме меняется сила окраски, а форма, расположение и площадь коричневых и белых пятен могут варьировать.

Вторая особенность, характерная для одомашненных животных, — укороченная морда и уменьшенные челюсти. Она появилась и у ручных лисиц и норок. Доказано экспериментально, что при развитии уменьшенных челюстей в соответствующую часть эмбриона попадает существенно меньше КНГ. Эти же клетки образуют одонтобласты, формирующие зубы, а также участвуют в образовании амелобластов, вырабатывающих зубную эмаль.

Из клеток — производных КНГ образуется хрящевая ткань ушной раковины; если хряща мало, ушки висят, а не торчат. Это тоже признак ручных животных, из диких видов висюльки только слоны.

Изменения, вызванные нарушением деления или миграции клеток нервного гребня, известны и у людей. В тяжелых случаях они вызывают заболевания, называемые нейрокристократиями, от английского «neural crest» — нервный гребень.

Относительно распространенное, но весьма вариабельное генетическое заболевание — синдром Ваагденбурга. Наиболее частый его вариант вызван мутацией в гене *Pax3* — это фактор транскрипции, который работает в раннем эмбриогенезе, один из генов, влияющих на миграцию КНГ. Больные всеми формами синдрома страдают глухотой и изменением пигментации, в том числе у них белый локон надо лбом. Среди других симптомов белые пятна на коже, нарушение морфологии черепа, очень светлые глаза и нарушение иннервации фрагмента толстой кишки (болезнь Гиршпрунга). Все эти симптомы вызваны нарушениями развития, связанными с нервным гребнем. У больных синдромом Тричера Коллинза укороченные челюсти и деформированное лицо, зубов нет или они неправильной формы, ушной хрящ также изменен, поэтому уши очень маленькие или уродливые. Иногда редуцированы или отсутствуют кости среднего уха. Синдром вызван мутацией в гене *Tcof1*. Белок этого гена Treacle участвует в образовании нормальных рибосом, у больных уровень Treacle понижен, что приводит к истощению пула КНГ, из которых должен образоваться лицевой череп.

Другая нейрокристократия описана в 1998 году австралийскими исследователями Дэвидом Моуэтом и Меридит Уилсон. (Почему-то по-русски этот синдром часто называют синдромом Моуат — Вилсон). У больных, помимо всего прочего, маленькая голова, узкие челюсти, измененная форма ушей, сердечные заболевания и болезнь Гиршпрунга, а также умственная отсталость и эпилепсия. Они неагрессивны и часто улыбаются, что несколько напоминает поведение ручных животных. Синдром развивается при мутациях в гене *ZEB2*, он же *SIP1*, кодирующем фактор транскрипции и ключевой индуктор развития, без его сигнала КНГ не могут покинуть нервную трубку.

В данном случае речь шла о тяжелых заболеваниях, вызванных мутациями в жизненно важных генах. Внешние изменения домашних животных нельзя назвать патологиями; при сравнении геномов ручных лисиц или крыс с геномами их диких предков, а также геномов собаки и волка ученые обнаружили десятки различающихся аллелей, каждый из которых действует довольно слабо. Однако нейрокристократии интересны тем, что демонстрируют роль КНГ в развитии синдрома доместикации.

У домашних животных изменена центральная нервная система, в том числе заметно меньше головной мозг. Отчасти это происходит за счет уменьшения переднего мозга: у домашней свиньи, например, он на 35% меньше, чем у дикой того же размера. Но обычно разница меньше — около 22% у одомашненной норки, примерно 16% у лошади. Из этого правила есть два исключения: одомашненные лисы (2%) и одомашненные лабораторные мыши, у которых мозг не уменьшается совсем. Уменьшение размеров мозга — одна из загадок доместикации, однако и тут возможно объяснение с

привлечением КНГ. Эти клетки не служат непосредственными предшественниками мозга и все же влияют на его развитие. При недостатке КНГ возможны нехватка управляющего сигнала и уменьшение размеров развивающегося переднего мозга.

Самки многих одомашненных видов готовы размножаться несколько раз в год, вне зависимости от сезона. Предположительно изменение репродуктивной функции связано с изменением эпифиза. Этот отдел мозга синтезирует гормон мелатонин, определяющий суточные ритмы организма, поэтому эпифиз играет важную роль в регуляции эстрального цикла в зависимости от длины дня. У самок домашних лисиц эпифиз меньше, чем у диких, и продуцирует меньше мелатонина, и связь размножения с сезонностью ослаблена.

Знакомство порождает равнодушие

Адам Уилкинс и его коллеги нашли общую причину для всех признаков доместикационного синдрома, однако не будем забывать, что все эти изменения возникли в результате отбора по единственному поведенческому признаку. Следовательно, пониженная функция нервного гребня приводит к ручному поведению. Каким же образом?

Хорошо изучен один из компонентов ручного поведения, симпатическая нервная система, которая управляет ответом «борьба или бегство» при каждой новой угрозе через ось «гипоталамус — гипофиз — надпочечники». Благодаря ее работе информация об опасности превращается в гормональный сигнал. Мозговое вещество надпочечников синтезирует адреналин, который готовит тело к быстрому силовому ответу: драке или бегству. В то же время усиливается синтез гормонов коры надпочечников, кортикостероидов, которые обеспечивают долговременную повышенную реактивность организма, то есть его способность отвечать на стресс.

Мозговое вещество надпочечников и симпатические ганглии — производные клеток нервного гребня, они же регулируют образование коры надпочечников. У ручных новосибирских лис надпочечники меньше, чем у животных, не проходивших отбор, их функция ослаблена, они не так активно отвечают на сигнал адренкортикотропного гормона, контролирующего выделение гормонов стресса. В результате через 45 поколений отбора на ручное поведение у одомашненных лисиц в три—пять раз понижен и обычный, и вызванный стрессом уровень кортизола, адреналина в крови также меньше. Сходный феномен появляется у одомашненных птиц, и домашние куры менее пугливы и реактивны, чем дикие фазаны. Так доместикация приводит к ослаблению периферической физиологической реакции на стресс, животные меньше пугаются, менее агрессивны, у них ручное поведение.

Однако ослабленная функция симпатической нервной системы имеет еще один важный эффект, описанный Д.К.Беляевым. У диких лисят ось «гипоталамус — гипофиз — надпочечники» в первые полтора месяца жизни еще недостаточно зрелая, чтобы обеспечить адекватный стрессовый ответ. Этот период называется «окном социализации», он позволяет детенышам обследовать окружающий мир, не боясь каждой тени. По окончании этого срока лисята становятся пугливы по отношению ко всем посторонним животным, включая людей. С этого времени они будут в прямом смысле избегать всего нового или стремиться его победить (укусить или убежать). У ручных лисят ось «гипоталамус — гипофиз — надпочечники» созревает гораздо дольше, три—четыре месяца, следовательно, длиннее и окно социализации. Обычно в неволе ручные лисята регулярно контактируют с человеком до того, как начинают бояться всего незнакомого. Это означает, что работников фермы они в дальнейшем воспринимают как



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

существ знакомых и неопасных, ни кусаться, ни убежать у них нет причины. В данном случае знакомство порождает равнодушие.

Аналогичные различия наблюдаются у волков и собак. Волчата начинают по-настоящему пугаться примерно в полтора месяца, а у собак окно социализации открыто от четырех до десяти месяцев. Удлиняется оно и у лабораторных мышей, которых отбирали на пониженную агрессивность. Даже собаки, если они не общаются с человеком в детстве, то есть не социализируются, становятся пугливыми и неприветливыми. Таким образом, простое продление периода чувствительности к положительному контакту с людьми оказывает огромное влияние на всю дальнейшую жизнь животного.

Подводя итоги, Адам Уилкинс и его соавторы подчеркивают, что доместикацию определяют мутации множества генов, работающих в клетках нервного гребня, необходимых для их развития и миграции. Возможно, эти мутации создают их носителям небольшое преимущество или каждая из них практически неощутима, но, собранные вместе в разных комбинациях, они создают фенотип одомашненного животного. Судя по тому, что доместикационный синдром описан для многих видов млекопитающих, эти мутации широко распространены.

Однако точечные мутации — не единственный источник доместикационных изменений. Рекомбинации, то есть обмен между гомологичными участками хромосом, происходят существенно чаще точечных мутаций. Кроме того, работа генов зависит от многих факторов, в том числе от гормонального фона.

Всякая теория лишь тогда ею становится, когда позволяет делать прогнозы. Авторы этой гипотезы предполагают, что у всех домашних птиц и млекопитающих должно быть уменьшено количество клеток нервного гребня, а также ослаблена или изменена их миграция, в результате этих клеток будет меньше в конечном пункте назначения. Они также предсказывают пониженную экспрессию многих генов, отвечающих за развитие нервного гребня.

Проверять этот прогноз удобнее на модельных организмах, для которых известны дикие предки: на мышах, крысах, морских свинках и курах. Можно было бы, например, создать генетически модифицированных грызунов, у которых популяция клеток нервного гребня несколько сокращена или мигрирует медленнее, чем следует, и посмотреть, что из этого выйдет. Исследователи полагают, что у таких линий появятся многие признаки доместикационного синдрома.





Дикое, но домашнее

В Африке живут два сестринских вида обезьян: шимпанзе *Pan troglodytes* и бонобо *P. paniscus*, называемые также карликовыми шимпанзе. Это название несправедливо, бонобо почти такого же роста, как шимпанзе, хотя и менее плотного телосложения: самки примерно на 9 кг легче, а самцы — на 15 кг. Есть у обезьян и другие отличия. У бонобо меньше размер черепа, в том числе не такие массивные нижние челюсти и мельче зубы. Вообще, строение черепа, но не лицевой его части, у взрослого бонобо напоминает таковое у детеныша шимпанзе. И поведение *P. paniscus* имеет ювенильные черты: взрослые обезьяны играют и бескорыстно угощают друг друга, как детеныши; шимпанзе себя так не ведут. Интерес к самцам у самок бонобо возникает чаще и более продолжителен, а главное — бонобо гораздо менее агрессивны как по отношению к членам своей группы, так и к соседям. Весь комплекс этих признаков напоминает синдром доместикизации, то есть множественные изменения внешности, физиологии и поведения, возникающие у животных при искусственном отборе против агрессивного поведения. Иными словами, бонобо отличаются от шимпанзе, как домашние животные от диких, что делает эти виды удобным объектом для проверки гипотезы самодоместикизации.

Эту гипотезу предложили Брайан Хэа, руководитель лаборатории в Университете Дьюка, его учитель, профессор Гарвардского университета Ричард Врэнхэм и антрополог Виктория Уоббер, тоже из Гарварда («Animal Behavior», 2012, 83, 573—585, doi:10.1016/j.anbehav.2011.12.007). Суть ее заключается в том, что отбор против разных форм агрессии происходит и в естественных условиях. Этот отбор, как и искусственный, должен приводить к изменению

физиологии вида и развитию доместикационного синдрома. Для проверки гипотезы нужны два близкородственных вида, один агрессивный, другой — нет. Исследователи начали с анализа агрессивности у шимпанзе и бонобо.

Шимпанзе агрессивны всегда. Конкурентов они запугивают, утверждая свое право на ресурсы и отношения с самками, могут даже вмешаться в половой акт. Самцы часто дерутся, бывает, что до смерти, самок тоже запугивают и бьют, иногда насилюют. Среди самок агрессия встречается реже, но и они дерутся, нанося друг другу серьезные раны. И самцы, и самки могут убить детеныша.

Отношения между соседними группами шимпанзе отвратительные. У каждой есть территория, которую обезьяны яростно защищают. Большие отряды самцов патрулируют границы, прислушиваясь и высматривая следы вторжения. Межгрупповые стычки всегда жестоки, самцы убивают детенышей и одиноких взрослых самцов из соседней группы.

Бонобо далеко не так агрессивны. Выясняя отношения, самцы, как правило, ограничиваются формальными сигналами, в интимные отношения других самцов никогда не вмешиваются, монополизируют самок не пытаются. Зато самки образуют сообщество, которое дает дружный отпор чересчур нахальному самцу. Самки бонобо эмансипированы: едят раньше самцов, сами выбирают партнера. Самцы сохраняют тесную связь со своими матерями, и от ранга матери зависит положение, которое ее сын занимает в группе.

Бонобо охраняют свою территорию, но специальных погранотрядов не создают. Конфликты между соседями приводят к столкновениям примерно в трети случаев, чаще одна из групп без драки покидает спорную территорию. Случаи

смертоубийства ученым неизвестны. Нередко встречи соседних групп носят мирный характер: обезьяны сидят рядом, играют, иногда спариваются.

Пониженная агрессивность бонобо хорошо заметна и в неволе: новый самец, помещенный в группу, будет принят мирно. Впрочем, эти и многие другие подобные наблюдения не означают, что бонобо вообще лишены агрессии. Группа самок может напасть на самца, да и у самцов иногда складываются непростые отношения. Вообще, поведение бонобо изучено хуже, чем поведение шимпанзе.

Как показал сравнительный анализ черепов крупных человекообразных обезьян и австралопитеков, разница между поведением двух видов возникла в результате отбора на низкую агрессивность бонобо, а не на повышенную агрессивность шимпанзе, причем отбор этот может быть только естественным. Причина, по которой для бонобо оказалась выгодна низкая агрессивность, исследователям неизвестна. Возможно, дело в том, что бонобо чаще образуют устойчивые группы на определенной территории. Стабильные сообщества позволяют самкам объединяться и организованно давать отпор самцам. Кроме того, у самок бонобо период восприимчивости к противоположному полу длится дольше, чем у шимпанзе, поэтому в сообществе всегда больше доступных самок и конкуренция за них не такая острая, а ценность каждого спаривания ниже, и преимущества высокорангового самца менее заметны. По некоторым данным, каждый самец в группе имеет примерно одинаковое количество потомков. В таких условиях схватки с увечьями за ступень на иерархической лестнице теряют смысл. Если группы устойчивы, то есть длительное время

Фото сверху:
Отношения между бонобо достаточно дружелюбны

занимают одну территорию, а не бродят по окрестностям, отношения между соседями также менее напряженные. Не исключено, что отбор шел как раз против агрессии, приводящей к гибели самцов и детенышей. Самкам невыгодно терять малышей, и агрессивные самцы им неприятны. Возможно, их предпочтения и определили направление отбора.

Но тут возникает следующий вопрос: почему бонобо образуют более стабильные сообщества? Исследователи полагают, что дело тут в особенностях питания. У бонобо, а они занимают небольшую территорию между реками Конго и Луалаба, больше еды, и конкуренция за нее не так остра. Утверждать, что дело именно в изобилии пищи, нельзя, потому что за популяциями бонобо долгих наблюдений не вели, однако авторы гипотезы доказали, что отношение двух видов к еде разительно отличается. Прежде всего, взрослые бонобо в отличие от шимпанзе обмениваются едой. Это можно наблюдать и при совместном содержании обезьян, и в специально поставленном эксперименте. Исследователи кормили одного самца, а другой, хорошо ему знакомый, наблюдал за процессом через решетку. У того, которого кормили, была возможность открыть дверцу и впустить соседа. Бонобо дверцу открывали всегда, шимпанзе никогда. *P. troglodytes* могут помочь собрату, попавшему в беду, но едой не делятся. Были и другие эксперименты, подтвердившие, что бонобо практически не конкурируют за еду и не готовы за нее драться. Эта разница сказывается и на их пищевых предпочтениях. Бонобо, если у них есть выбор, соглашались на еду простую, пусть менее вкусную, но доступную здесь и сейчас. Шимпанзе готовы ждать и рисковать, отказаться от предлагаемой в настоящий момент еды, чтобы получить какое-нибудь лакомство позже.

Один из признаков синдрома домesticации — ювенильные черты. У бонобо они во многом связаны с пищевым поведением. О детской привычке делиться едой мы уже говорили. У бонобо хуже развита

пространственная память: они запоминают меньше мест, где припрятаны лакомства. Когда экспериментаторы ставили перед обезьянами задачи, в которых нужно было усвоить, у кого и как выпрашивать угощение, шимпанзе справлялись гораздо лучше. В сообществе шимпанзе существует строгая иерархия: кому, когда и в чьем присутствии можно есть, а когда нельзя. У бонобо подобных ограничений нет, поэтому задания такого рода вызывают у них затруднения. С задачами в других областях они справляются не хуже шимпанзе, значит, не глупее их.

Бонобо действительно оказались хорошим объектом для проверки гипотезы самоодомашнивания. Естественный отбор на пониженную агрессивность вызвал у них изменения поведения, морфологии и физиологии, аналогичные тем, которые наблюдаются у домашних животных, и нестрашно, что причины отбора пока точно не известны. Заодно гипотеза объяснила, почему у бонобо меньше череп, депигментация — белые волосы на задней части тела и розовые губы — и другие особенности, которые нельзя считать адаптивными.

Вопрос в том, насколько гипотеза самоодомашнивания применима к другим видам. Возможно, бонобо представляют собой результат уникального стечения обстоятельств, однако не исключено, что есть и другие животные, которым пониженная агрессивность (и пониженная пугливость) дает преимущества. По мнению исследователей, именно с самоодомашнивания начиналась эволюция домашней собаки, потому что лишь наименее агрессивные животные могли приблизиться к человеческому жилью и получать выгоду от соседства с человеком. Искусственный отбор вступил в действие уже потом.

Подобные процессы могут происходить и сейчас среди диких животных, оказавшихся в тесном соседстве с людьми. И действительно, лет тридцать назад живущий во Флориде рифовый олень *Odocoileus virginianus clavium* вдруг стал заходить



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

в города. В результате животные стали менее пугливы, у них увеличилась масса тела, приспособленность, то есть количество жизнеспособных потомков, и они круглый год живут большими группами, чем олени, обитающие далеко от города. Эти изменения, как у предков домашних собак, так и у оленей, нельзя объяснить лишь контактами с человеком, тут не обошлось без отбора. Доказательством может служить эксперимент биологов Мюнстерского университета (Германия), которые содержали в неволе диких морских свинок *Cavia aperea*, не проводя отбор по поведению. Спустя 30 поколений жизнь в неволе не смягчила природную агрессивность этих животных: взрослых самцов приходилось изолировать, чтобы они не атаковали и не убивали своих подрастающих сыновей. Такое поведение контрастирует с поведением одомашненных морских свинок *C. aperea f. porcellus*, их самцов можно держать группами, они не причинят друг другу вреда.

Примеры самоодомашнивания можно поискать среди островных животных, которые не испытывают сильного давления со стороны хищников, или среди обезьян с достаточно сложной социальной структурой. И ученые нашли такие примеры. Островные популяции некоторых позвоночных (ящериц, птиц, млекопитающих) менее агрессивны, чем их материковые собратья; это проявляется в том, что они принимают на свою территорию пришельцев, а в некоторых случаях территориальность у них вообще отсутствует. Таковы, например, некоторые островные грызуны, в том числе домовая мышь *Mus domesticus*, у которых к тому же больше масса тела и выше плотность популяции, чем у материковых.

Тонкские макаки, *Macaca tonkeana*, обитающие на острове Сулавеси, живут группами и относительно терпимо относятся как к особям своей группы, так и к соседям. В отличие от макак других видов, они контактируют со многими членами группы, вместе едят и играют, у них ослаблена конкуренция, более расслабленная и игровая мимика, как у детей.

Возможно, самоодомашнивание распространено значительно шире, чем мы думаем. Ученые надеются, что сравнение пар видов с разной агрессивностью позволит выяснить, какие именно гены задействованы в отборе против агрессии.

Н.Л.Резник



Группа настороженных шимпанзе возвращается из леса

Кошки ходят и говорят

Тайная жизнь домашних котов

Говорят, что коты и кошки ходят, где вздумается. Оно, может, и так, но, куда бы они ни пошли, всюду за ними наблюдает всевидящее око человека, а затем в печати появляются сообщения под бойкими заголовками типа «Тайная жизнь кошек». Однако собирают эту информацию ученые, а не корреспонденты желтой прессы, и предназначена она прежде всего лицам, принимающим решение о допустимой численности кошек на вверенной им территории.

В самом деле, страшнее кошки зверя нет. Когда европейцы завезли котов на острова Океании и в Австралию, там исчезло несколько местных видов животных, не подготовленных природой к соседству с такими хищниками. И болезни они переносят всякие, один токсоплазмоз чего стоит. О влиянии кошек на окружающую среду известно немало, но остался открытым вопрос о сравнительной силе воздействия домашних животных, свободно выходящих на прогулку, и уличных котов. Специалисты университета Иллинойса и местной природоохранной службы больше года наблюдали с помощью радиотелеметрии за активностью нескольких десятков домашних и уличных котов и кошек, обитающих в городке Урбан-Шампейн и его окрестностях («The Journal of Wildlife Management», 2011, 75, 1177—1185, doi: 10.1002/jwmg.145). Городок находится в сельскохозяйственном районе, в окружении ферм, пастбищ, лесов и полей, где выращивают зерновые и сою.

Каждое животное использует определенную территорию, размер которой варьирует от 10 до 547 га. Но средний размер участка уличных котов и кошек больше, чем у домашних, а от пола животного площадь не зависит. Коты не обходят постоянно все свои владения, они предпочитают то одну его часть, то другую, в зависимости от сезона. Так, зиму и осень они проводят на фермах, в городе и в лесу, несмотря на свою к нему нелюбовь (то есть заходят они в лес по возможности редко, но зимой иногда обстоятельства загоняют), потому что открытые места хуже защищены от непогоды. Летом коты бывают на пастбищах и реже в полях, где много мелких млекопитающих и можно отдохнуть в тенечке в густой высокой траве. В лесу тоже тень, но там еще и вредные насекомые, клещи например. Это наблюдатели сами так решили, котов о причинах их предпочтений не расспрашивали.

Вообще, жизнь уличных животных подчиняется четкому сезонному и суточному ритмам. Они активнее всего с января по октябрь, когда холодно и нужно больше есть. Охотятся по ночам: в это время не спят их обычные жертвы и меньше вероятность встречи с людьми. Поэтому суточный пик кошачьей активности — с 18 по 6 часов.

Совершенно иначе построена жизнь домашних кошек. Не имея необходимости добывать себе пропитание, они просто гуляют в свое удовольствие и используют свою территорию вне зависимости от сезона. В самые холодные и жаркие месяцы (январь — февраль и август — сентябрь) домашние кошки почти не выходят на улицу. Животные-компаньоны, как их иногда называют, вообще намного больше спят и меньше двигаются, чем уличные животные. Их суточный график активности не имеет резких пиков даже по ночам, и только ранним

утром и по вечерам, когда их владельцы уходят на работу или возвращаются домой, они несколько оживляются.

Эта разница в образе жизни, однако, не означает, что домашние и уличные кошки не встречаются. Встречаются и даже конфликтуют. Исследователи наблюдали, как один дикий кот довольно долго поджидал домашнего на крыльце, а когда тот вышел, задал ему трепку. Кроме того, бывая в одних и тех же местах (а участки кошек перекрываются), они могут заражать друг друга.

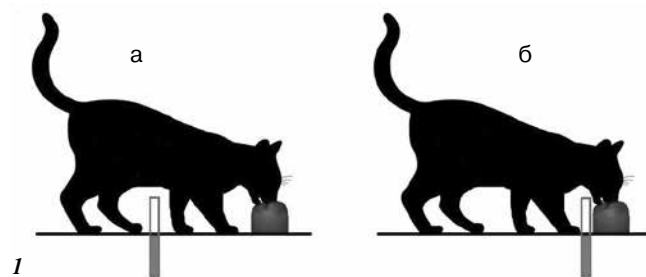
Подводя итоги, исследователи сделали два основных вывода: предсказуемый и организационный. Уличные коты, заявили они, влияют на дикую природу сильнее домашних, свободно ходящих. Однако в окрестностях своего дома, пусть и на небольшом участке, присутствие домашнего кота может быть весьма ощутимо, в то время как влияние уличного более «размазано» по территории. Статья оканчивается призывом к владельцам котов держать своих питомцев взаперти — видимо, исследователи опасаются, что кот превратит лужайку перед домом своего хозяина в пустыню. Мне неизвестно, как воплотились в жизнь эти рекомендации.

Шаги памяти

Внимательно наблюдая буквально за каждым кошачьим шагом, можно обнаружить удивительные факты. Нейробиологи университета Альберты (Канада) хотели изучать кратковременную зрительную память при ходьбе, а обнаружили долговременную, для развития которой зрение не нужно («Current Biology», 2007, 17, R621—R623, doi: 10.1016/j.cub.2007.06.026).

Кратковременная зрительная память очень важна при ходьбе. Животные запоминают лежащие на пути препятствия и успешно их обходят, когда не могут видеть. Люди помнят путь за шаг-другой вперед, кошки — за три-четыре шага. Канадских нейробиологов заинтересовало, каким способом организм обновляет представления о положении внешних препятствий. Исследовать этот вопрос они решили на кошках, потому что у них четыре ноги и когда кошка преодолевает какую-то преграду передними лапами, то уже ее не видит и задними ступает по памяти.

Ученые поставили простой эксперимент, в котором голодного кота вынуждали по дороге к миске с едой переступить через барьерчик высотой около 7 см. Когда кот перешагивал передними



1

Кошка перешагнула барьер передними лапами и не видит его (а); кошка не перешагивала через барьер, и он ей не виден (б).

Во втором случае кошка о барьере помнит хуже

лапами, ему давали еду, а препятствие, пока он ел, оставалось под брюхом, невидимое и неосязаемое (рис. 1а). Барьер незаметно опускали в специальную прорезь в полу, затем миску отодвигали, и кот шел за ней, а наблюдатели отмечали, на какую высоту он поднимет задние лапы. Оказалось, что коты помнят размеры объектов, находящихся у них под брюхом, по крайней мере 10 минут и поднимают лапы на высоту, достаточную, чтобы перешагнуть препятствие.

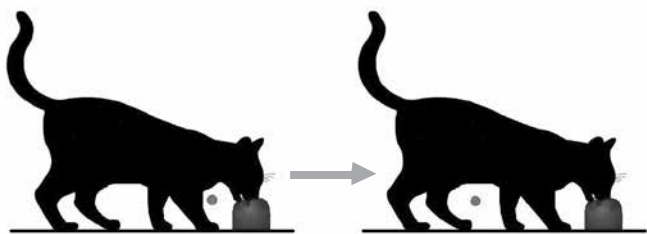
Десять минут — это долговременная память, а вовсе не кратковременная рабочая. Вопрос в том, как она возникла: оттого ли, что кот увидел препятствие, или оттого, что перешагнул через него передними лапами. Этот вопрос разрешили, проведя эксперимент с тремя котами, которые не участвовали в первом опыте. Их останавливали прямо перед барьером, но до того, как они перешагнут через него передними лапами, то есть кот во время остановки препятствия не видел (рис. 1б). Пока он ел, препятствие опускали. Увлеченные едой, коты постепенно забывали, что перед ними был барьер, и, когда миску двигали, шагали передней лапой слишком низко, чтобы его преодолеть. Чем дольше пауза, тем меньше максимальная высота шага передних лап и соответственно высота шага задних. Получается, что для установления долговременной памяти задних лап через препятствие непременно надо перешагнуть передними. Так, может, его для этого и видеть необязательно?

Так и оказалось, что подтвердил еще один эксперимент (рис. 2). Перед котом, отвлеченным едой, незаметно выдвигали пластиковый стержень на высоте около 7,5 см. Исследователи подчеркивают, что стержень был чистый, намекая, видимо, что он не имел запаха. Перемещая миску вперед, кота вынуждали сделать шаг, коснуться стержня передними лапами и немедленно переступить через него. Затем, когда стержень оказывался между передними и задними лапами, кота тормозили повторно и стержень удаляли. Животные высоко поднимали лапы, «перешагивая» препятствие, которого никогда не видели.

Исследователи решили, что за активацию или усиление дополнительных структур нервной системы, необходимых для создания долговременной памяти, отвечает нейронный сигнал, возникающий при шаге передних лап (его природу еще предстоит уточнить). Иными словами, если надо обновить представление о том, где находится препятствие, иди вперед, пока не упрешься, а тогда уже запомнишь надолго.

Попытка объяснить

Обычно к научным статьям есть приложение с подробным описанием методики. В статье канадских ученых такого приложения нет, и мне не удалось выяснить, отчего коты в их экспериментах увлекались едой настолько, что утрачивали связь с реальностью. Иногда люди, ответственные за кормление домашних животных, забывают это сделать или делают гораздо реже, чем требуется. В этом случае кошки напоминают о своих потребностях. Как выяснили сотрудники Центра исследований голосовой коммуникации млекопитающих университета Сассекса (Великобритания) при участии



2

Коту необязательно видеть препятствие, чтобы запомнить его, достаточно ощутить его передними лапами



ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

сотрудника зоопарка Атланты, кошки нашли способ воздействовать на хозяев быстро и эффективно («Current Biology», 2009, 19, R507—R508, doi:10.1016/j.cub.2009.05.033).

Для общения с людьми кошки используют звуки, многие из которых освоили в период раннего котятства и зависимости от матери. Когда они сосут мать, то мурлычут, и с тех пор мурлыканье служит домашней кошке для выражения довольства, а также желания есть. Исследователи записали мурчание пяти котят и пяти кошек в возрасте от 9 месяцев до 14 лет в привычной домашней обстановке и в разных ситуациях: когда животные требовали у хозяев еду, отдыхали или их чесали за ухом. Когда животное просит есть, оно подходит к хозяину, пристально смотрит на него, поза выражает немедленную готовность следовать к миске. Когда еда не нужна, зверь инициативы не проявляет, на хозяина не глядит, пребывает в расслабленной позе.

Эти записи выровняли по амплитуде, то есть сделали одинаковой громкости, и дали прослушать 50 мужчинам и женщинам в случайном порядке. Людей просили по семибалльной шкале оценить приятность звука и urgency его, то есть необходимость принимать срочные ответные меры. Оказалось, что, когда животное требует еду, люди находят его мурчание более urgentным и неприятным, чем мурлыканье спокойного животного. Участники эксперимента единогласно определяли голодное мурчание как более отчаянное, но котовладельцы делали это значительно быстрее тех, кто не имел дела с кошками. Очевидно, они научились понимать кошачий язык.

Кошки мурлычут на довольно низкой частоте около 27 Гц. Проанализировав частотные характеристики записей, исследователи обнаружили в требовательном мурчании голодных кошек небольшой пик 220—520 Гц, среднее значение 380 Гц. Эти частоты характерны не для мурчания, а скорее для крика или мяуканья. Мяуканье порождает движение воздуха через голосовые связки, а при мурлыканье связки колеблются с низкочастотными сокращениями мышц. Кошка может мурлыкать и кричать одновременно.

Ученые обработали записи, удалив из них высокочастотный пик. Слушателям такие записи показались менее истощающими, чем исходные, но приятнее они не стали. Исследователи отмечают, что высокочастотная вставка в требовательное мурчание сопоставима с частотой воплей здорового человеческого младенца (300—600 Гц). Они подозревают, что кошки используют врожденную чувствительность людей к таким крикам, к тому же они неприятны на слух, так что к ним трудно привыкнуть. Кстати, те же частоты использует в крике запертая кошка, добиваясь, чтобы ее выпустили. В обоих случаях люди чувствуют сильный дискомфорт, пока не успокоят голосящего, кто бы он ни был.

Авторы изучали звуковую межвидовую коммуникацию человека и кошки, его животного-компаньона, и полагают, что выясняли структуру звуковых сигналов кошки, но фактически они проверяли реакцию людей на эти сигналы. Кошки могут быть довольны: их требования понимают правильно.

Помпоний Квадрат



Художник П.Перевезенцев

Главное женское достоинство

Доктор
биологических наук
Д.А.Жуков

Мы любим и ценим женщин за многое. Если спросить, за что именно, то сначала большинство мужчин укажут на некоторые особенности женской анатомии и физиологии, которые тысячелетиями воспевают поэты и художники. Впрочем, и людей весьма прозаических, включая биологов, прекрасно знающих, что все эти «женские прелести» не что иное, как адаптации, направленные на улучшение плодовитости, — даже их эти признаки женского организма



Схема синапса, контакта между двумя нервными клетками

подчас доводят до экстаза. Но конечно, главное женское достоинство заключается не в этом. Основной признак женского организма, выгодно отличающий его от мужского, — высокая пластичность, которая проявляется как на уровне физиологических процессов, так и на поведенческом уровне.

Пластичность поведения у экспериментальных животных определяют по скорости переделки условных рефлексов. Например, крыс обучили, что удар электрическим током предшествует звуковой сигнал. Все крысы научились переходить в безопасное место, когда звенит звонок. А потом сигналом опасности сделали загорающуюся лампу — и самки значительно быстрее самцов перестали реагировать на звук.

Более замысловатый эксперимент недавно был поставлен в Венском университете, в исследовательской группе, которая называется «Лаборатория умной собаки» (Mueller et al., «Biology Letters», 2011, 7, 5, 689—691, doi: 10.1098/rsbl.2011.0287). Собакам предлагали простую задачу: приносить экспериментатору мяч после того, как он прокатится несколько метров по полу лаборатории. Часть траектории мяча проходила за шторой, на секунду скрывавшей мяч от собаки. За эту секунду другой человек заменял мяч другим, иного размера, то есть из-за ширмы выкатывался мяч больший или меньший, чем тот, который укатился за нее. Измеряли время, которое собака тратила на то, чтобы взять в пасть подкатившийся мяч. Оказалось, что «волшебное» изменение размеров мяча не влияет на скорость реакции кобелей. Но суки значительно дольше рассма-

тривали мяч, прежде чем взять его в зубы, если он отличался размером от того, который они видели в начале движения. Иными словами, кобели выполняли поставленную задачу, не обращая внимания на странную трансформацию мяча. «Нужно хватать его, когда докатится до финиша, а какой он там, такой же, больше или меньше, — это неважно!» — типично мужской ход мысли, а точнее, блокировки лишних мыслей. В то же время женское поведение формируется с учетом всех нюансов ситуации — в данном случае изменение размеров мяча заметно озадачивало сук.

Гибкость женского поведения, высокая способность женских особей приспосабливаться к меняющимся условиям существования, способность женщин делать одновременно несколько дел во многом определяются строением их центральной нервной системы. Анатомия и физиология женского мозга заметно отличаются от мужского. Это и большая, чем у мужчин, масса относительно массы тела, и большее количество межполушарных связей, и большее количество нейронов в речевых зонах коры больших полушарий. У женщин выше и скорость мозгового кровотока, и скорость метаболизма глюкозы в мозге. Но самое примечательное половое различие — в женском мозге значительно больше синаптических связей между нейронами, чем в мужском.

Эффективность работы любой системы определяется не количеством составляющих ее элементов, а количеством связей между элементами. Это общее кибернетическое правило справедливо и для головного мозга. В мозге новорожденного человека примерно в сто раз больше нейронов,

чем у тридцатилетнего человека. А синапсов у новорожденного неизмеримо меньше. Сразу после рождения в центральной нервной системе начинают два процесса: гибель нервных элементов и формирование новых синаптических связей — это новые знания и умения, а самое главное — способность их приобретать. И женские организмы имеют врожденное преимущество перед мужскими — большее количество синаптических связей и большую скорость их образования.

Синапсы важны не только как место контакта нейронов (см. рис.). Именно в синапсах сосредоточены почти все митохондрии нейронов — структуры, которые обеспечивают клетки энергией. Благодаря большому количеству синапсов женский мозг не только значительно пластичнее мужского, но и лучше снабжается энергией и, следовательно, лучше защищен от неблагоприятных изменений в окружающей среде.

Причина этих различий между женским и мужским мозгом, как легко догадаться, в половых гормонах. Но критический фактор — не актуальный гормональный статус, а половые гормоны плода. У человека начиная со второго месяца внутриутробного развития, если это мужской плод, половые железы начинают продуцировать мужские половые гормоны. Под их влиянием происходит дифференцировка всего организма по мужскому типу. В частности, ЦНС, то есть мозг, приобретает мужские особенности, хотя, возможно, точнее было бы сказать — утрачивает женские. А у женского плода собственные гонады не производят половых гормонов. Под влиянием эстрадиола матери и в отсутствие мужских половых гормонов мозг развивается по женскому типу, для него характерна высокая плотность синаптических контактов.

В венском эксперименте с изменением размеров мяча существенным было то, что обнаруженные половые различия скорости реакции были такими же и для кастрированных животных.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ



Это указывает на то, что не различный гормональный фон был причиной разницы в поведении кобелей и сук. Причина в разной организации ЦНС, которая сформировалась в эмбриональный период.

У взрослых женских особей женские половые гормоны продолжают стимулировать образование синапсов. У самок крыс обнаружено периодическое колебание плотности синапсов в гиппокампе, совпадающее с колебанием эстрадиола на протяжении эстрального цикла (аналога менструального цикла человека). На клетках гиппокампа меняется количество шипиков, на которых и образуются синаптические контакты, причем эти изменения соответствуют изменению содержания эстрадиола в гиппокампе (Kato A. et al., «Frontiers in Neural Circuits», 2013, 7, 149, doi: 10.3389/fncir.2013.00149). Более того, если в эксперименте самкам крыс вводили эстрадиол, а затем повреждали мозг, лишая его кислорода, то количество синапсов в гиппокампе восстанавливалось быстрее, чем у тех крыс, которым вводили другие гормоны (Takeuchi et al., «Brain Research», 2014, pii: S0006-8993(14)01563-7. doi: 10.1016/j.brainres.2014.11.016). Этот эффект показан только для самок крыс, но не для самцов.

Нужно сказать, что гиппокамп привлекает исследователей не только потому, что содержит крупные клетки, удобные для изучения. Это структура мозга млекопитающих связана с целым рядом важных функций: память, обучение, регуляция эндокринного стрессорного ответа. Кроме того, гиппокамп — это структура, необходимая для реакции затаивания. Животные с поврежденным гиппокампом утрачивают способность к пассивным формам обучения — когда нужно сидеть и ничего не делать, чтобы не получать удары током. Способность обучаться активному поведению — когда нужно бежать, чтобы избежать ударов током или получать пищу — сохраняется после разрушения гиппокампа и даже несколько улучшается. А вот сидеть спокойно, затаиваться такие животные уже не могут. Между тем реакция

бегства и борьбы — далеко не всегда самая эффективная стратегия поведения (см. «Химию и жизнь», 2014, № 12).

Особенно полезна способность к затаиванию для женских особей. Ведь каждая из них важна для популяции, для вида в целом. Не случайно женские особи всегда осторожнее, чем мужские. У животных — и в дикой природе, и в условиях лабораторного эксперимента — самки менее склонны к активным формам взаимодействия с окружающей средой. У человека женщины-руководители предпочитают осторожные решения, тогда как мужчины-руководители — рискованные. Как отметила еще Карен Хорни, известный американский психолог и психоаналитик (1885—1952), стратегия женского поведения — минимизация возможного проигрыша, а стратегия мужского — максимизация возможного выигрыша. Большая часть мужских особей не выиграет — их съедят хищники или разорят конкуренты. Но это не скажется на росте популяции данного вида. А каждая самка и каждая женщина — это потенциальная мать, поэтому рисковать женским особям совершенно не следует; лучше посидеть, подумать, внимательно посмотреть, как будут развиваться события. И вот эта способность — не суетиться — пропорциональна синаптической плотности в гиппокампе, которая значительно выше у женских особей в сравнении с мужскими всех исследованных видов.

Пластичность поведения, как и любое свойство организма, не является абсолютным достоинством. Очевидно, что абсолютных достоинств, как и абсолютных недостатков, не существует. Любое адаптивное свойство живого организма, будучи гипертрофированным, становится качеством, которое снижает приспособленность особи. Чрезмерная пластичность поведения у человека приводит к тому, что обладатель такой особенности будет слишком подвержен влиянию других людей. И тут уж как повезет — хорошо, если его будут окружать порядочные люди...

«Стокгольмский синдром», при котором заложники начинают испытывать дружелюбие к захватившим

их террористам и порой переходят на их сторону, характерен в большей степени для женщин. Женщины иногда и влюбляются в явных преступников, даже пренебрегая своими должностными обязанностями. В этом случае они видят в любимом не бандита и убийцу, а «настоящего мужчину, способного на поступок». Истории о женщинах-следователях, которые помогли подследственному бежать из тюрьмы, — не выдуманы. Женщина-шпион может предать, влюбившись во врага, мужчина — никогда. Среди жертв психических эпидемий, таких как средневековые ведьмы, или современные приверженцы различных культов, или участники финансовых пирамид, большинство составляют женщины. При парном безумии, *la folie a deux*, когда один человек приобретает акцентуированные черты личности другого, в подавляющем большинстве случаев женщина бывает реципиентом, а индуктором — мужчина.

Противоположное пластичности свойство — ригидность, стереотипность, свойственная поведению мужских особей, — также не является безусловным недостатком. Благодаря накопленным стереотипам поведения мы легко, не задумываясь, выполняем самые разные действия, от завязывания шнурков до поведения в сложных ситуациях при столкновении множества интересов. Главная трудность — выбрать наиболее адекватный ситуации стереотип.

Идеального человека, с сочетанием всех возможных положительных качеств психики и поведения, не существует. Но существует союз мужчины и женщины, который хорош тем, что женщина с ее пластичностью подсказывает мужчине, какой из многочисленных стереотипов его поведения стоит использовать в конкретном случае. И вот за это мужчины любят и ценят женщин! Ну и, конечно, за особенности женской анатомии и физиологии, которые порой доводят мужчин до экстаза.





Художник А. Анно

Шайбу!

НАНОФАНТАСТИКА

Наталья Духина

— Кто?! Уволю!

Начальник отдела сверлит нас глазами, лицо красное, гневное. А ведь уволит! Шайба угодила ему в грудь, когда он ступил на порог лаборатории. Мы дружно глядели в пол. Эх, не любит нас новый шеф...

— Щеглов, отвечай. Или крайним будешь.

Щеглов крайним быть не хотел.

— Это не мы. Она сама! — честно признался.

Гладкие щеки начальника затряслись.

— Так оно и было! — перевел я огонь на себя. Как старший.

— Олег Петрович, и вы туда же?

— Думаю, мы стали свидетелями проявления непознанного.

— Непознанного чего? — заорал он. Прорвало-таки... гасить надо.

— Непознанного явления природы, — с достоинством отвечал я. — Извольте убедиться лично.

Размашистым жестом пригласил его за компьютер.

В центре экрана ярко алела шайба в трехмерной проекции.

— Вот так ее! — показал. — Бейте!

Шеф, язвительно кривясь, мазнул джойстиком вверх. Шайба, которая в лаборатории, подпрыгнула, отразилась от потолка и приземлилась на стол.

— Видите? — торжествующе провозгласил я. — Среагировала на команду.

— Не морочьте мне голову, небось вмонтировали приемник. Ножик!

Потыкал и поскреб диск со всех сторон, на просвет глянул, чуть не облизал.

— Теперь тестер. Да не тот, а универсальный!

Промерил шайбу по всем возможным параметрам.

— Незаряженная! — пробормотал. — Немагнитная. Не понимаю!

Стрельнул еще раз. Шайба скакнула в лампу. Полетели осколки.

В стену. Упала картина.

В Щеглова и Боря. Народ попрятался.

— Почему не доложили? — спросил шеф, продолжая азартно щелкать.

— Эффект обнаружен недавно и пока в разработке! — проблеял я из-под стола.

— Всем оставаться на местах! — Шеф поднялся, грудь колесом, в глазах торжество плещется. — Я зову директора. Замереть и не двигаться!

— Зачем открылся? — набросились на меня коллеги, когда за шефом закрылась дверь.

— Ничего не открылся! Всучим аналог!

Ребята мстительно заулыбались, оценив задумку. И потом, все равно нас когда-нибудь да раскроют. Вот и скажем «а мы говорили!».

— Ну, Щеглов, ящик поставишь и попробуй занюхать... — угрожающе-добродушно процедил Боря, шевеля усами словно таракан в предвкушении добычи.

— Я-то причем? — фальцетом огрызнулся молодой. — Кто в шефа угодил?

— А кто крайний?

— Тебя ж спасаем, дурило!

— Идут! — свистящим шепотом сообщила боевая подруга Марь-Иванна, караулившая на шухере.

— Шайбу! Шайбу забыли! — простонал Боря. И в темпе подменил ее аналогом, с виду ровно таким же.

Директор у нас — мужик знающий и опытный, на козе не объедешь. Минуты не прошло, как из подставной шайбы выковырял электронную начинку.

Мы подбострастно тарасили глаза, изображая преклонение перед блистающим интеллектуальным Эверестом.

— Петрович, не стыдно? — пожурил меня директор.

— Так точно! Виноват-с! — повинулся я. И добавил сквозь зубы, так чтоб тет-а-тет: — Проверка практических навыков нового руководства... Простите.

— Что за... я ж собственными глазами... руками... — тер обиду шеф, плаксиво хмурясь и обнюхивая раскуроченный аналог.

— Не берите в голову, теоретики шутят. — Директор увлек начальника отдела за собой. На выходе обернулся и метнул в нас непонятно какой взгляд. Одобряюще-укоризненный, я бы сказал. Еще и головой покачал.

А нечего задаваться, шеф. Директор хоть и не подаст вида, а промашечку запомнит! — ехидно ухмыльнулись мы им вслед. Подставили, называется. И нам не стыдно — не будет мешать. Шныряет, понимаешь, без спросу, разноухивает, работу стопорит...

Обработать некое вещество, получить распыленную наносубстанцию, скомпоновать из нее модель с заданными физическими свойствами и научить двигаться, откликаться на кодированный сигнал с компьютера, — вот вкратце суть шайбы. Она сама целиком и есть приемник. Питается наша красавица прямо из воздуха: теле-, радио- и мобильная связь насыщают пространство бесплатной энергией, бери не хочу.

Тему нам зарубили, посчитав неперспективной, и работали мы тайно, а потому и результаты считаем своими. Пока. Вот пройдет чемпионат мира по хоккею... Тогда и посмотрим.

Пусть сначала тему возобновят да финансирование обеспечат.

Дверь распахнулась. Неторопливой, тяжелой поступью вошел шеф. Встал посреди лаборатории, высокий, могучий, ноги столбами попирают землю. Хозяин, ха... Дуб дубом. Мы очень старались не улыбаться.

— Довольны? Ну-ну. Ладно, проехали. Прощаю... за ради дела прощаю. Предлагаю заняться мячиком, в хоккей наши и так нормально играют.



Война любви

Конфликт полов, или сексуальный антагонизм в биологии — ситуация, когда в общее для двоих дело производства потомства вкрадываются стратегические разногласия. И он и она преследуют собственные интересы, иногда в ущерб интересам партнера. Самец стремится оставить как можно большее число потомков, с лучшими самками или с какими придется, самка — получить качественные гены, а некачественные отвергнуть. Сразу оговоримся, что «стремления», «интересы» и прочие намеки на умственную деятельность нужно понимать в переносном смысле, особенно когда речь идет о насекомых. Хотя иногда очень трудно удержаться от параллелей с человеческими отношениями...

Одна из самых труднопонижаемых концепций эволюционной биологии — принцип гандикапа израильского эволюционного биолога Амоца Захави: информацию о хороших качествах потенциального партнера может нести вредный для выживания признак. Например, роскошный хвост павлина, да и любой яркий брачный наряд: «Смотри, если я смог спастись от хищников даже в таком костюме, значит, я крут!» Чтобы привлечь партнера и преуспеть, нужны неудобные, опасные, энергозатратные признаки, и чем неудобнее, тем лучше... Зато следствие из этого принципа кажется ясным и логичным: дорогостоящий с эволюционной точки зрения сигнал не может быть обманом. Хилая особь не сумеет обзавестись ярким нарядом, а если и сумеет, скоро станет жертвой хищника или агрессивных собратьев по виду. И все-таки иногда обман возможен. Если выигрыш от него достаточно велик, то ослабленное животное может поставить на кон все ресурсы, превзойти красивых и здоровых и добиться успеха. Причем не только репродуктивного.

Многие слышали о брачном каннибализме богомоллов. Этот жуткий обычай не строго обязателен, например самка ложного садового богомола *Pseudomantis albofimbriata* может и не съесть кавалера, если сыта. Однако Кэтрин Бэрри из Университета Магуайри (Сидней), работая именно с этим видом насекомых, экспериментально подтвердила «гипотезу роковой женщины». Согласно этой гипотезе, самки могут обманывать самцов, представляясь привлекательными партнершами для спаривания, но получая от них совсем другую выгоду. Самки богомоллов давно были у ученых на подозрении как потенциальные «фам фаталь», и подозрения эти оправдались.

Исследовательница разделила молодых самок на четыре группы, по шесть в каждой. Первая группа получала по четыре сверчка три раза в неделю, вторая — по три, третья — по два, четвертая — всего по одному. Через шесть недель самки заметно различались по упитанности; голодавшие выросли худыми даже по стандартам богомоллов. После этого их посадили в маленькие клетки, которые были укрыты сеткой, пропускающей воздух, а клетки поставили в большой вольтер, где свободно гуляли самцы. Кавалеры могли чутя-дамы, но не видели их. По числу самцов, забиравшихся на ту или иную клетку, оценивали привлекательность затворницы.

Как и следовало ожидать, упитанные самки производили больше всего яиц — в среднем более 60, а сидевшие на голодном пайке не достигли и десяти. Из предыдущих исследований было известно, что случаи поедания самцов бывают тем реже, чем лучше питались самки, а в голодной группе достигают 90%; спариваются же голодные самки, наоборот, примерно вдвое реже сытых. Казалось бы, упитанные самки должны быть наиболее привлекательными: они здоровее, откладывают больше яиц, вероятность спаривания с такой



самкой выше, как и вероятность остаться после этого в живых. Не тут-то было. Привлекательность самок закономерно уменьшалась от первой к третьей группе, но четвертая — самая голодная — приманила почти вдвое больше самцов, чем первая! Самец, как ни крути, — источник не только хороших генов, но и питательных веществ. В голодное время стоит потратить последние ресурсы организма на синтез феромонов, если они приманят такую добычу.

Обманные сигналы, вводящие в заблуждение сородичей, давно интересуют исследователей коммуникации животных. Автор статьи подчеркивает, что подобный обман становится эволюционно стабильной стратегией лишь в том случае, когда большая часть популяции играет честно — сытые самки пахнут хорошо, недоедающие — так себе. Если обычно запахи говорят правду и самцы им верят, фальсификация притягательного аромата крайне выгодна. Даже в худшем случае, по крайней мере, успеешь спариться и передать свои гены следующему поколению. А повезет — съешь одного-двух мужчин, поправишь здоровье, третьему уже можно позволить стать отцом ваших общих детей. И потом тоже съесть.

Katherine L. Barry. *Sexual deception in a cannibalistic mating system? Testing the Femme Fatale hypothesis.* «Proceedings of the Royal Society B», 2015, 282, 1804, 20141428, doi: 10.1098/rspb.2014.1428.

Австралийские палочники *Extatosoma tiaratum* — насекомые растительноядные, питаются листьями эвкалипта и других деревьев и кустов. Брачного каннибализма у них в отличие от богомоллов нет, зато есть партеногенез — неоплодотворенные самки могут откладывать яйца, из которых вылупляются только дочери. Этот способ в природе мало распространен по сравнению с половым размножением, и считается, что самки переключаются на него только тогда, когда самца трудно найти. Но, похоже, все не так просто.

Исследователи взяли юных палочников у профессиональных заводчиков насекомых — этот вид охотно держат дома. Пятнадцать самок рассадили по клеткам с самцами, еще десять — с другими самками. Через пять недель, когда десять самок твердо ступили на партеногенетический путь размножения, пятерым из них соседок-самок заменили на самцов. Получилось три группы: полового размножения, партеногенетического и партеногенетического с возможностью перейти к половому (от этого предложения было трудно отказаться, учитывая настойчивость самцов).

Кроме того, авторы работы исследовали притягательность запахов самок из всех трех групп, а также девственных самок и самцов. Для этого на дно контейнера клали листья эвкалипта, по которым ходил представитель той или иной группы, а также контрольные листья и запускали насекомых-экспертов. Еще в одной модификации опыта насекомых на листе трога-



ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК

ли пальцем, чтобы они выделили репеллент, отпугивающий врага, и этот запах тоже предъявляли другим насекомым.

Результаты были интригующими. Во-первых, партеногенетические самки приступили к откладке яиц в среднем на десять дней быстрее, чем те, что сидели с самцами: принца никто не ждал. Во-вторых, особой разницы по числу и массе яиц, а также по числу выживших потомков при половом и бесполом размножении не удалось заметить (хотя самцы, естественно, получились только в первом случае). А вот у самок, которых вынудили переключиться, жизнь оказалась короче и уменьшилось число отложенных яиц. В-третьих, все самки, которых сажали с самцами, явно не стремились к серьезным отношениям: загибали на спину конец брюшка таким образом, чтобы помешать введению сперматофора, пинались средними и задними ногами. В-четвертых, самцы предпочитали запахи самок, вовлеченных в половое размножение, и девственников, но оставались одинаково безразличными к запахам других самцов и партеногенетических самок. Наконец, в-пятых, самцам явно не нравился отпугивающий запах, произведенный девственными самками, а репелленты других самок и братьев по полу им были безразличны. Авторы предполагают, что этот запах может действовать как «антиафродизиах». Девственные самки, в свою очередь избегали запаха самцов.

Итак, непохоже, чтобы половое размножение было для самок палочника всегда и везде предпочтительным. Самки, вовлеченные в партеногенез, абсолютно не стремятся привлечь кавалера, да и юные самки, кажется, вполне готовы обойтись без мужчин. Вероятная причина в том, что за половое размножение самкам приходится платить высокую цену. Вообще, вклад женского пола в произведение потомства всегда выше (это, собственно, и означает быть женщиной) — самец дает только свои гены, самка же в придачу к генам тратит много времени и энергии. Так что заинтересованная сторона в этом вопросе — самцы. Конечно, у тех видов, у которых нет заботы о потомстве.

С другой стороны, были зарегистрированы некоторые намеки на то, что партеногенетическим самкам запах самцов вроде бы нравится. Противоречие налицо — однако на то и конфликт полов, чтобы быть противоречиям. Видимо, гены противоположного пола все же представляют некоторую ценность.

Nathan W. Burke, Angela J. Crean, Russell Bonduriansky. The role of sexual conflict in the evolution of facultative parthenogenesis: a study on the spiny leaf stick insect. «Animal Behaviour», 2015, 101, 117–127, doi: 10.1016/j.anbehav.2014.12.017.

Есть такое явление — внутривидовой полиморфизм, или разнообразие форм. Мы привыкли видеть в атласах животных типичных представителей вида — самца и самку, но вот, например, у многих стрекоз рода *Ischnura* (по-русски их

называют стрелками или тонкохвостами) типичных форм самок бывает две или больше, при этом переходных форм между ними нет. Зачем такие сложности, какая от этого может быть польза виду? Ответ на этот вопрос предлагают японские и шведские энтомологи.

Японские соавторы много лет изучают стрекозу *Ischnura senegalensis*, у которых как раз две разновидности самок — андроморфная, то есть похожая на самцов, с такой же бирюзовой окраской груди, и гиноморфная, на самцов непохожая. Мужеподобие не смущает кавалеров, за андроморфами они ухаживают не менее охотно, чем за гиноморфами. Так зачем?

Дело в том, что самцы тонкохвостов активно преследуют самок, докучают им попытками спаривания. Эти домогательства снижают репродуктивный успех самок — они хуже питаются, откладывают меньше яиц. В итоге полезное и необходимое поведение оказывается вредным и для отдельно взятых особей, и для популяции. Этот вред смягчается полиморфизмом. Самец стрекозы не слишком щедро наделен интеллектом и гоняется только за теми самками, чей образ соответствует его предыдущему опыту. Таким образом, при соотношении двух форм самок, скажем, 50:50, количество приставаний уменьшается вдвое.

Ученые исследовали 37 популяций *Ischnura senegalensis* на территории Японии, а также популяцию обычных для Европы *I. elegans* в Швеции. (*I. elegans* существуют даже три форм самок, но одна из трех, наиболее редкая, исследователям не встретилась.) Соотношение форм в них было неодинаковым — оно определяется генетическими причинами и факторами среды, например климатом. Полевые наблюдения и эксперименты в вольерах подтвердили математическую модель, построенную с учетом частоты актов преследования и их влияния на приспособленность самок. Полиморфные популяции имели преимущество перед мономорфными: превосходили их и по плодовитости, и по плотности заселения территории, и по стабильности, и по другим параметрам. Авторы подчеркивают, что эти результаты показывают связь между выигрышем для отдельных особей и макроэволюционными процессами.

Интересно, что у некоторых видов аналогичный механизм понижает ущерб от представителей других видов. Не особенно умный хищник ориентируется лишь на один из возможных обликов добычи, а остальные формы могут чувствовать себя в безопасности.

Yuma Takahashi, Kotaro Kagawa, Erik I. Svensson, Masakado Kawata. Evolution of increased phenotypic diversity enhances population performance by reducing sexual harassment in damselflies. «Nature Communications», 2014, 5, 4468, doi: 10.1038/ncomms5468.

Подготовили
Е. Клещенко

Черная дыра в кинематографе

Кандидат
физико-математических наук

П.Р.Амнуэль

Продолжая тему фильма «Интерстеллар» (см. «Химию и жизнь», 2015, № 2), мы рассматриваем вопрос, широко обсуждаемый в СМИ и соцсетях: правда ли, что в фильме полно ошибок, или его создатели сумели примирить законы жанра с законами физики? На этот вопрос отвечает астрофизик и писатель-фантаст Павел Амнуэль.

Невероятное и очевидное

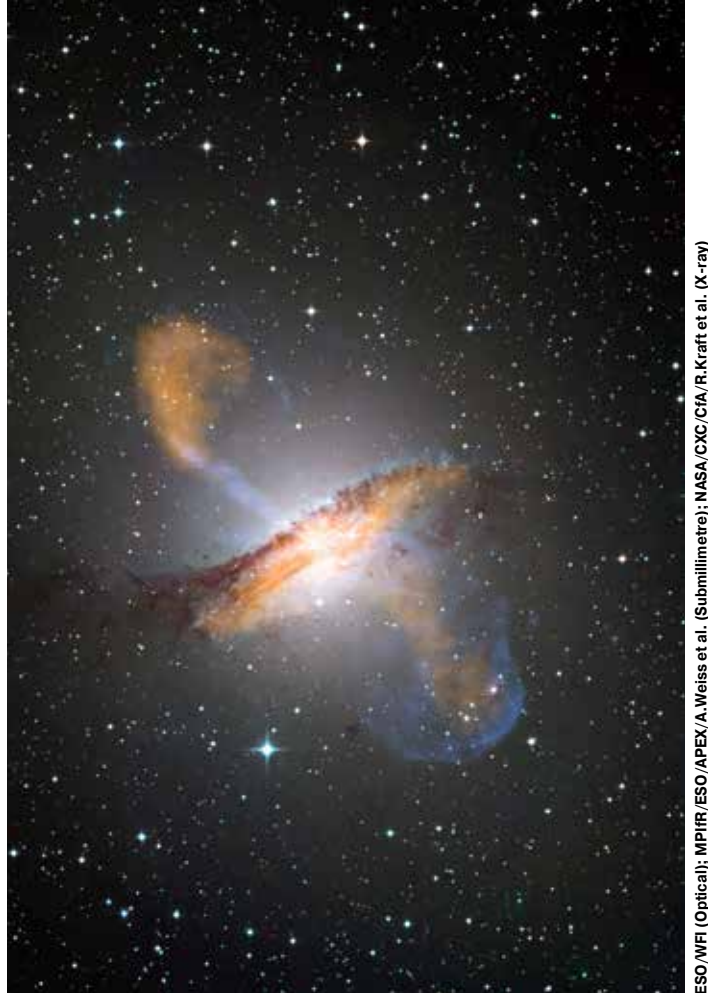
Вышедший в прошлом году на экраны фильм Кристофера Нолана «Interstellar» многие критики и зрители назвали одним из лучших научно-фантастических фильмов последних десятилетий.

Вот краткий сюжет фильма. На Земле разразилась катастрофа: начинаются пылевые бури, а весь урожай гибнет. Спасение некоторые видят в переселении на другую планету. Выясняется, что у Сатурна кто-то создал кротовую нору, которая ведет к планетной системе у гигантской черной дыры. Там-то и решено основать колонию. Первые экспедиции, переслав информацию о наличии трех планет, названных по именам первооткрывателей — Миллера, Эдмундса и Манна, — канули в небытие, и вот к дыре отправляется новая. Она должна открыть способ пересылки людей сквозь нору, а в случае неудачи — основать колонию с помощью замороженного человеческого генетического материала. Оказавшись в районе сверхмассивной черной дыры, герои фильма совершают посадку на планете Миллера, но она покрыта водой. На остатках топлива долетают до планеты Манна, которая оказывается слишком холодной. Героев фильма преследуют катастрофы как техногенного характера, так и связанные с человеческим фактором, но человечество все-таки спасено, хоть и не их усилиями.

Экзотические декорации к сюжету дали большой простор для научной фантазии. В «Interstellar» впервые можно увидеть, например, как выглядит вблизи сверхмассивная черная дыра, окруженная плазменным диском. Можно рассмотреть червоточину Уилера («кротовую нору»), по которой космический корабль «Endurance» за считанные минуты перелетает за миллионы световых лет от Солнечной системы. Можно побывать внутри черной дыры, где пространство и время перепутаны, и вернуться домой.

Все строго научно, однако...

Когда смотришь, возникает ощущение, что все неправильно. Да, вокруг сверхмассивной черной дыры по имени Гаргантюа обращается диск — это останки разорванных приливными силами звезд и планет, захваченных полем тяжести космического монстра. Тем не менее на известных картинках из научно-популярных книг диски выглядят совсем не так. И где же джеты — узкие струи замагниченной плазмы, исторгаемой из центральной области диска перпендикулярно его плоскости в двух противоположных направлениях? Их-то можно увидеть не только на картинках, но и на реальных фотографиях, сделанных космическими телескопами.



Так выглядят джеты, вырывающиеся из центральной части диска, обращаемого вокруг сверхмассивной (массой в 55 млн. солнечных) черной дыры, предположительно находящейся в центре галактики Центавр-А. Снимок составлен по данным наблюдения тремя телескопами Южной европейской обсерватории, работающими в разных световых диапазонах — от рентгена до субмиллиметровых волн

Почему на планетах Миллера и Манна практически такая же сила тяжести, как и на Земле, но время на планете Миллера течет в сто раз быстрее? Из любого учебника по теории относительности можно узнать, что течение времени зависит от гравитации. Чтобы время ускорило свой бег в сотни раз, сила тяжести должна быть колоссальной!

А с какой легкостью капитан корабля и главный герой Купер перелетает с одной планеты на другую на своем модуле «Ranger», двигатели которого работают, похоже, на обычном химическом топливе! Как это удается, если планеты вблизи от черной дыры движутся по орбитам с субсветовыми скоростями? Даже в моменты сближения друг с другом скорости планет отличаются на тысячи километров в секунду, а между тем, по фильму, astronautам приходится срочно покинуть планету Миллера, у них и времени нет дожидаться благоприятного взаимного расположения планет.

А о чем говорят astronautы! Два года летят они к Сатурну, чтобы войти в кротовую нору и начать межзвездное путешествие, и лишь на подлете к цели Купер узнаёт от своих спутников, что представляет собой черная дыра. Отправляясь в этот смертельно опасный полет, он о черных дырах знал только понаслышке?

И в результате (а я перечислил далеко не все темные места, на которые обратил внимание) после просмотра не оставляет чувство недоумения: фильм претендует на строгую научность, но где она? Потом прочитал вышедшую вскоре после премьеры фильма книгу известного астрофизика, одного из крупнейших специалистов по черным дырам Кипа Торна (Kip Thorne, «The Science of Interstellar», W.W.Norton & Co, 2014), и понял, что все

в фильме было изображено правильно — так, как получалось по расчетам. При этом многие из рассчитанных физических эффектов вообще остались за кадром. Жаль, могло получиться еще любопытнее.

Ощущение недоумения сменилось пониманием того, какая огромная работа была проделана учеными и какая ничтожная ее часть попала в фильм. И еще было огорчение от того, что эти сложнейшие эффекты наверняка прошли мимо зрителя, не знающего физики черных дыр на уровне профессора Торна и его сотрудников. Недочетов в фильме достаточно, но, как ни странно, связаны они вовсе не с физикой черных дыр. Однако, чтобы понять это, нужно прочитать книгу Торна, иначе зритель, знакомый с черными дырами по научно-популярной литературе, останется в уверенности, что увидел развесистую клюкву, а зритель, с физикой черных дыр вообще не знакомый, решит, что именно так выглядят вблизи черные дыры, о которых много говорят ученые.

Режиссер взял верх над учеными, сумев при этом убедить большинство зрителей, что наука в фильме безупречна.

Точный расчет

Начну с предыстории. Нолану нужно было показать, что Земля гибнет, и обосновать необходимость поиска другой пригодной для жизни планеты. Он придумал сильнейшие пылевые бури и биологическую напасть, уничтожившую все сельскохозяйственные растения, кроме кукурузы. Реально ли это? Торн описывает в своей книге встречу Нолана с учеными из Калифорнийского технологического института, специалистами по различным проблемам биологии, среди которых был, например, нобелевский лауреат Дэвид Балтимор. В 2008 году Торн и Нолан устроили для ученых большой обед, во время которого режиссер рассказал о своей концепции, показал уже снятые кадры будущей планетарной катастрофы и спросил: «Может ли такое произойти в реальности?» Ученые ответили: «Нет, не может». Но режиссер продолжал настаивать: «Неужели совсем-совсем не может?» Обед был хорош, ученые расслабились и после многочасовых попыток переубедить режиссера сказали: «Ну... в принципе... сугубо теоретически... чисто предположительно... да, возможно, но настолько маловероятно, что серьезно говорить об этом не приходится».

Из слов, уничтожавших идею «пыльной кукурузной катастрофы», режиссер выловил два: «да» и «возможно», и с удовлетворением оставил в сценарии все как было.

Примерно такая же ситуация с сверхмассивной черной дырой Гаргантюа, в систему которой попадают герои фильма. Нолан рассказал Торну, что, по сценарию, Купер отправляется к сверхмассивной черной дыре, там время для него замедляется в сотню раз по отношению к земному, и возвращается он домой, когда дочка уже стала древней старушкой, а он все так же молод. «Это невозможно», — сказал Торн. — Если время замедляется в сотни раз, то поле тяжести должно быть так велико, что человек будет разорван на атомы, а о том, чтобы вернуться, и речи быть не может. К тому же черная дыра окружена диском плазмы с температурой в миллионы градусов. Купер и его спутники умрут от жесткого рентгеновского и гамма-излучения еще до того, как приблизятся к черной дыре на такое расстояние, чтобы можно было говорить о серьезном замедлении времени».

«Совсем-совсем невозможно?» — переспросил режиссер. «Не знаю, — честно ответил Торн, — надо составить уравнения, посчитать». — «Посчитайте, — сказал режиссер, — только мне нужно, чтобы в фильме была ОДНА черная дыра, ОДНА кротовая нора и ОДНА нейтронная звезда».

Торн занялся расчетами, по результатам которых написал потом две научные статьи и упомянутую выше книгу. В книге Торн пишет, что никогда не получил бы этих сугубо научных результатов, если бы не Нолан с его требованиями, потому что ему не



РАЗМЫШЛЕНИЯ

пришло бы в голову ради абсолютно неправдоподобного научного предположения исследовать астрофизические явления, создаваемые черной дырой, вращающейся с предельной для нее скоростью. В природе существование таких черных дыр настолько маловероятно, что никто из астрофизиков не стал бы по собственному желанию тратить на подобные расчеты ценное время суперкомпьютеров (да и свое тоже).

Дело в том, что эффекта, которого хотел достичь Нолан, действительно можно добиться, но лишь в случае, если черная дыра вращается так быстро, что ее горизонт событий, то есть то, что можно считать границей дыры, движется со скоростью, которая меньше скорости света всего на 0,01 миллиметра в секунду! Только тогда пространство-время вокруг нее искривляется и закручивается столь странным образом, что и время замедляется в сто раз, с точки зрения удаленного наблюдателя, и гравитационное поле уравнивается центробежной силой, благодаря чему и тело астронавта, и корпус космического корабля не испытывают чудовищных перегрузок. В любом другом случае астронавта ждала бы неминуемая гибель.

Однако следует опасаться не только гравитации, но и излучения, идущего от падающих в дыру с колоссальным ускорением космической пыли и обломков притянутых ею космических объектов. Именно из них формируется диск вокруг дыры, и обычно очень малая часть его излучения попадает в видимый человеком диапазон, в основном это рентгеновские и гамма-лучи. Такой диск Нолану был не нужен, и режиссер спросил у Торна: «Может ли существовать диск, который выглядел бы красиво в видимом свете и совсем не излучал убийственных для Купера и его спутников лучей? Да, и джетов — узких струй плазмы — тоже не нужно».

Что ж, если температура диска примерно такая же (или ниже), как температура поверхности Солнца, — всего несколько тысяч градусов, то он будет виден. Однако диск в таком случае должен иметь очень-очень небольшую массу. В принципе возможно и такое, но лишь чуть более вероятно, чем безумно быстрое вращение черной дыры. И все же, если режиссеру надо... Теоретически задача решается, что физики под руководством Торна и доказали: рассчитали, как будет выглядеть со стороны сверхслабый диск около сверхбыстро вращающейся сверхмассивной черной дыры. Это были очень сложные расчеты, поскольку пришлось решать уравнения Эйнштейна для чрезвычайного экстравагантного случая. С научной точки зрения была проделана интереснейшая работа, и изображение диска было получено. Правда, в фильме этот эпизод занял меньше минуты, но зритель наверняка запомнил странную фигуру, представшую перед Купером и его спутниками. Форма диска действительно получилась очень необычной, она имеет мало общего с дисками вокруг релятивистских объектов, известных по многочисленным прежним расчетам не вращающихся или медленно вращающихся черных дыр. И джетов, кстати, Купер тоже не увидел — откуда им взяться при таком сверхслабом диске? Зрителю, однако, не сообщают об этих особенностях Гаргантюа, и можно подумать, что эффекты, показанные в фильме, — явление для черных дыр обычное. Нет, конечно.

Судя по изображению в фильме планеты Манна из космоса, она расположена на довольно большом расстоянии от диска (планеты Миллера и Эдмундса еще дальше). Приливные силы велики, и там, в книге Торна, есть изображение планеты Манна — она похожа на дыню, вытянутую в направлении Гаргантюа. Но все же на относительно далеких расстояниях от черной дыры планеты могут существовать.

Но вот что интересно: даже рассчитанная по сложнейшим формулам картина, которая показана зрителям, — неправильная! В фильме об этом, конечно, нет ни слова, а Торн, не желая умалять достоинства чрезвычайно сложных расчетов, в своей книге коротко написал: уравнения оказались такими сложными, что пришлось сделать кое-какие упрощения, иначе считать пришлось бы многие тысячи часов. Дело в том, что, когда диск вращается с субсветовой скоростью, одна его часть приближается к наблюдателю, а другая удаляется очень быстро. Возникающий при этом эффект Допплера совершенно меняет видимую картину. Купер (и зритель в зале) видит яркий объект оранжевого цвета, но на самом деле одна часть диска (допустим, левая) приближается к нему с субсветовой скоростью, и ее излучение должно быть далеко смещено в голубую часть спектра — возможно, даже в ультрафиолетовую. А другая (правая) часть диска от него очень быстро удаляется, и ее излучение смещается в красную сторону — она будет выглядеть не оранжевой, как на экране, а красной или даже вообще станет невидимой, уйдя в инфракрасную область...

Полеты вблизи дыры

Торну пришлось немало поломать голову, чтобы рассчитать, как герои фильма на простеньком космическом корабле, вряд ли способном разогнаться даже до второй космической скорости (16 км/с), умудряются перемещаться между планетами, несущимися в пространстве вокруг черной дыры со скоростями, близкими к скорости света. Когда смотришь на эти эпизоды в фильме, хочется воскликнуть: «Не верю!» Но режиссеру так было нужно по сценарию, и физики придумали-таки ситуацию, когда невозможное становится в принципе возможным, хотя чрезвычайно маловероятным и вряд ли осуществимым в природе. Планета Миллера в фильме обращается вокруг Гаргантюа по круговой орбите, а планета Манна — по очень-очень вытянутой. В периастре планеты проходят близко друг от друга, а в апоастре планета Манна удаляется от Гаргантюа так далеко, что на ней почти неощутимо замедление времени.

Ситуация сама по себе чрезвычайно маловероятная, но все равно — даже тогда Купер никак не смог бы изменить скорость модуля на несколько тысяч километров в секунду! Ведь, по расчетам Торна, планета Манна движется по орбите со скоростью 1/20 скорости света, а скорость корабля (и планеты Миллера) близка к 1/3 световой! Как затормозить «Ranger», вряд ли способный развить даже третью космическую скорость, 16 км/с?

Купер (точнее, Торн в своих расчетах), однако, применил так называемый гравитационный маневр, какой уже использовал, когда «Endurance» летел к кротовой норе у Сатурна: корабль набрал дополнительную скорость, пролетая мимо Марса. Это известный способ маневрирования в космосе, при котором не нужно тратить горючее. Таковы орбиты практически всех автоматических станций, летящих к астероидам и дальним планетам.

Торн рассчитал, что для гравитационного маневра Купер должен пролететь вблизи еще одной черной дыры, не такой массивной, как Гаргантюа, но в тысячу раз массивнее Солнца. Черные дыры таких промежуточных масс пока в природе не обнаружены, даже теоретически их образование астрофизики считают чрезвычайно маловероятным, но если режиссеру нужно... Да, но режиссеру было нужно, чтобы в фильме не было ДВУХ черных дыр, а только ОДНА. И ОДНА нейтронная звезда, поле тяжести которой, по рас-

четам Торна, никак не могло помочь модулю осуществить гравитационный маневр и перелететь с планеты Миллера на планету Манна! Что делать?

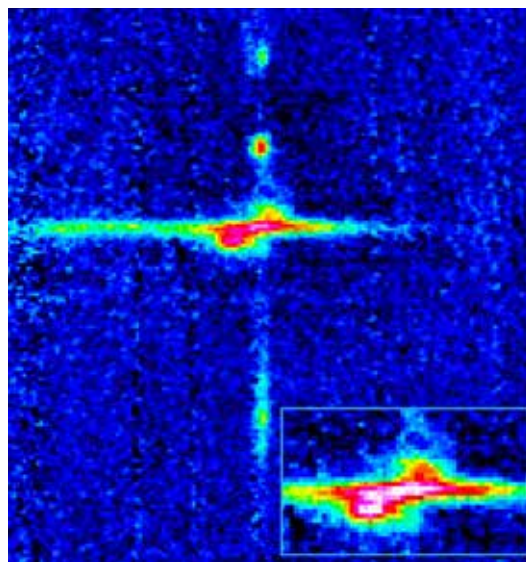
Да ничего. Расчеты так и остались расчетами: чрезвычайно сложными, очень интересными с точки зрения физики, но для фильма — бесполезными, поскольку противоречили замыслу режиссера. Поэтому зритель видит на экране, как астронавты покидают негостеприимную планету Миллера, а в следующем кадре уже летят над планетой Манна и Купер готовится посадить модуль.

Сложнейшие расчеты Торна пропали втуне. Во всяком случае, зритель наверняка не стал задумываться над тем, как «Ranger» оказался вдруг у планеты Манна. Это ж все-таки не с Земли на Луну...

В результате вне рассмотрения остался еще один важный аспект: если за короткое время (полет между планетами продолжался всего несколько часов или дней) скорость челнока уменьшилась на огромную величину (тысячи километров в секунду!), астронавты должны были испытать такие колоссальные перегрузки, что превратились бы в пыль... Но поскольку эпизод в фильм не вошел, то и думать об этом зритель не стал.

Дальше — больше. Чтобы после катастрофы «Endurance» уйти от черной дыры, нужно было совершить гравитационный маневр около Гаргантюа. Перед этим Купер говорит мисс Брэнд: «Плывать на теорию относительности, нужно спасать экспедицию». И он так плюет на теорию относительности: пересекая горизонт событий Гаргантюа, Купер продолжает как ни в чем не бывало разговаривать с мисс Брэнд, оставшейся выше горизонта...

Дальше — еще больше. Будучи лучшим в мире знатоком физики вращающихся черных дыр, Торн, конечно, мог представить, что в черной дыре возможны эффекты, которые расчитать пока невозможно: например, перепутываются измерения, пространство воспринимается как время, а время — как пространство (это позволяет Куперу вернуться в прошлое, пообщаться с дочерью в виде призрака и даже увидеть самого себя). Торн в своей книге пишет об этом, как о научной спекуляции. Но даже научной спекуляцией нельзя назвать сообщение робота Тарса о том, что он собрал, находясь в черной дыре, некие данные о ее структуре и о «квантовой сингулярности». Тарс, видимо, рассказал о них Куперу. Как он это сделал, Нолан показывать не стал, конечно, — вспомним, что, по фильму, пространство и время внутри черной дыры меняются местами. Любопытно было бы посмотреть (и особенно послушать), как при такой физике персонажи обменивались информацией.



ESO, ISAAC

Центр нашей Галактики, снятый в инфракрасной линии спектра водорода (1281,81 нм). Искажение формы диска — чисто оптический эффект, связанный с тем, что при быстром вращении приближающаяся к нам часть диска становится более «синей», а удаляющаяся — напротив, «краснеет»



Купер, в свою очередь, передал дочери эти данные, уже каким-то образом зашифрованные в виде уравнений (вы еще не забыли, что Купер — фермер и пилот, а о физике черных дыр вообще впервые услышал перед самым погружением в кротовую нору?). Способ передачи, кстати, еще более экстравагантен, нежели сверхбыстро вращающаяся черная дыра: сложнейшие (по идее) уравнения, до которых отец упомянутой мисс Брэнд — профессор Брэнд — не смог додуматься за всю свою жизнь, Купер передает азбукой Морзе! Хотел бы я посмотреть, как это происходило бы в реальности. Можно ведь провести эксперимент: в одной комнате посадить самого Кипа Торна, в другой — актрису, игравшую в фильме Мэрф, дочь Купера. И пусть Торн попытается передать азбукой Морзе хотя бы уравнение Эйнштейна для быстро вращающейся черной дыры.

Читатель (он же зритель) может возразить: «Но ведь любую формулу можно передать словами, читают же физики лекции!» Конечно. Но формулы пишут на доске или показывают на экране компьютера, а вслух только комментируют, причем чаще всего комментарий ограничивается словами: «А из этой формулы мы получим эту».

С другой стороны, у Купера не было ни доски, ни компьютера — как он мог передать дочери сложнейшие формулы квантовой физики (которые он, если вы не забыли, сам и понять не мог, будучи абсолютно некомпетентен в физике черных дыр)? Что ж, тут зритель волен полагаться на собственное впечатление: верить эпизоду или нет. Я-то ни как физик, ни как зритель поверить не могу.

Человеческий фактор

Впрочем, появление Купера в прошлом в виде призрака не имеет к физике никакого отношения. Как и то, что сверхцивилизация из пятого измерения выбрасывает его и робота Тарса назад к Сатурну через все ту же кротовую нору, сыгравшую в финале фильма роль *deus ex machina*. Такое не считаешь, и в книге Торна о счастливом возвращении Купера речь не идет. Это уже чистый романтизм: хеппи-энд в физически невероятной ситуации...

Но все эти чрезвычайно аномальные и только в кино возможные эффекты, как у хорошего фокусника, уводят внимание зрителя от основной проблемы. Герои фильма летят в дальний космос, чтобы найти планету, куда могло бы переселиться человечество. Однако ни планета Миллера, ни планета Манна и близко не соответствуют нужным условиям: на обеих планетах человек может выжить только в скафандре! О других планетах в фильме ничего не сказано — видимо, там условия еще хуже. Разве что планета Эдмундса, где небольшую колонию все-таки удается основать, как ясно из концовки фильма. Зачем нужно лететь столь далеко и с такими трудностями, когда рядом есть Марс — он ближе и ничуть не более негостеприимен...

Если целью Нолана было показать, что людям есть куда переселяться, то показал он своим фильмом обратное: переселяться человеку некуда. Придется жить и умереть на родной планете. Впрочем, судя по финалу фильма, герои могли и не рисковать жизнями — через сто лет, когда Купер вернулся, люди уже разрешили проблему, перед которой спасовали в начале фильма. Они создали колонию в космосе на орбите Сатурна (почему, кстати? не проще ли было создать такую колонию на орбите вокруг Земли или, на худой конец, на Луне?), и для этого не нужно было решать сложнейшие уравнения теории относительности, не нужно было лететь в другую галактику сквозь кротовую нору.

Да, но тогда и фильма не было бы...

И еще несколько слов в заключение. То, что я скажу, относится не только к фильму «Interstellar», но практически ко всем фантастическим (и не только фантастическим) фильмам. Настоящую науку делают профессионалы высочайшей квалификации, причем даже они вынуждены собираться в

большие коллективы (как сейчас говорят — коллаборации), поскольку современная наука и техника чрезвычайно сложны. Даже теоретики, которым лет сто назад для работы не нужно было ничего, кроме карандаша и бумаги, в наши дни (а в будущем тем более!) работают совместно — и ведь для фильма «Interstellar» Кип Торн не мог все рассчитать в одиночку, с ним работала группа чрезвычайно квалифицированных ученых. NASA — огромный коллектив самых высококлассных ученых, инженеров, техников, компьютерщиков и представителей еще многих десятков профессий. Современные космонавты и астронавты многие месяцы тренируются на тренажерах, изучают аппаратуру, компьютеры, технику.

А в фильмах? Конкретно в «Interstellar» в самый сложный в истории человечества и смертельно опасный полет отправляют бывшего пилота, понятия не имеющего о физике кротовых нор, черных дыр и тем более о принципах маневрирования в условиях такой сложной гравитационной картины, какая оказалась в окрестности Гаргантюа. Тем не менее он «берет руль в свои руки» и ведет модуль на посадку в абсолютно ему незнакомой атмосфере абсолютно незнакомой планеты так, будто сидит за штурвалом истребителя в компьютерной игре.

Профессор Брэнд рассказывает Куперу, что до него через кротовую нору были отправлены двенадцать экспедиций и ни одна не вернулась. Можно представить такое в реальной космонавтике? Можно представить, что Роскосмос или NASA отправляет экипаж неведомо куда, корабль не возвращается, но следом отправляют второй, третий... двенадцатый... Фантастика, верно?

«Так ведь речь идет о спасении человечества!» — может сказать зритель. Но и сама эта ситуация была придумана Ноланом и отвергнута учеными!

К сожалению, такова природа кинематографа, и не нашелся еще режиссер, который поставил бы фильм, сколько-нибудь приближенный к правильному изображению будней (пусть и фантастических!) науки и техники. Вспоминается разве что «Контакт» по роману Карла Сагана, но даже и там все сильно упрощено.

В результате зрителя подводят к мысли о том, что ни профессиональные ученые, ни коллективы изобретателей (действительно специалисты в своем деле!) человечество не спасут, а спасут его вышедший в отставку пилот Купер, странноватый профессор-авантюрист Брэнд и веселый робот. И это в фильме, который рекламирует как самую жесткую и точную научную фантастику в истории кино.

Интересно, допустил бы Кристофер Нолан, режиссер-профессионал высочайшего класса, чтобы фильм снимал любитель-недоучка, не знающий жестких законов кинематографа? Вопрос риторический. Однако в фильмах науку делают безумные профессора, гении-одиночки, и в космос летают не суперпрофессионалы-астронавты, такие как Армстронг, Гречко или Леонов, а неврастеники и истерики вроде Манна и бравые, но не знакомые с «матчастью» пилоты вроде Купера.

Летать в космос и спасать человечество — это, оказывается, так просто. Главное, ничего не бояться, быть благородным и упорным в достижении цели, и тогда на помощь непременно придут сверхцивилизации из пятого измерения.



Прошлое и будущее — в тебе и во мне



РАЗМЫШЛЕНИЯ

Люди любят повторять: ах, как быстро меняется... — Что меняется быстро? — Все. — Разве? И быстро относительно чего? — Относительно прошлого. — А откуда вы взяли, что переход от одного метода изготовления каменных топоров к другому методу — менее революционен, нежели выход в космос? Эпохальные достижения древности (топор, огонь, колесо, штаны, домашнее животное) случались реже, чем присуждаются Нобелевские премии, но как сопоставить значимость?

Чтобы сказать о чем-то «быстро» или «медленно», нужен прибор. Коробочка с дружелюбно подмигивающими светодиодами. Или хотя бы какой-то полу-гуманитарный метод сравнений, какая-то шкала, какой-то эталон.

Можно попробовать обойтись без шкалы, без внешнего сравнения. И тут нас ждет некоторая — по крайней мере, так мне показалось — неожиданность. Мы обнаруживаем возможность сравнения внутри себя, сравнения одних частей себя с другими частями, возможность сравнения, не требующего внешнего эталона.

Вот, например: быстро или медленно меняется поведение человека? Не конкретного Петра, Джона и их подруги Масако, а человека как явления природы, человека в целом. С внешним сравнением проблемы — мы пока не знаем, быстро ли меняются таукитяне, хотя можно попытаться сравнить по скорости изменения россиян, американцев и японцев. Но что мы видим просто внутри себя? Нечто с точки зрения инженерной странное. «Шаттл» или «Буря» с подвязанным веревочкой стабилизатором.

С одной стороны, мы легко видим внутри себя совершенно первобытные черты. Вот три примера, взятые наугад.

Страх «сглаза»: повсеместное — ходите по городу, посмотрите — выцарапывание или замазывание глаз на изображениях лиц на афишах.

Или это символическое причинение вреда изображенному, вроде вуду-магии?

Мечение территории: новая женщина через какое-то время оставляет или будто бы случайно забывает зубную щетку, расческу. Иногда — игрушку, при большей близости — бокалы. Кстати, потом забирает, подсознательно отмечая разрыв отношений.

Символическое обладание: древний человек вешал на шею акулий зуб или тигриный коготь, современный родитель

трогательно спрашивает, какой именно учебник купить ребенку, и мы напрасно твердим в ответ, что важно не какой учебник иметь, а что с ним делать, и, кстати (или некстати?), — что делать с задачиком! Да и поныне клыки и когти на шее вполне в ходу — спросите Сеть про кулон и коготь или кулон и клык (см фото).

С другой стороны, на наших несчастных глазах человек меняется, причем в самых фундаментальных частях — как в методах восприятия мира, так и в свойствах, признаках образовательных процессов.

Что касается методов восприятия, то наш журнал об этом неоднократно писал, вот до кучи свеженькая цитата ровно на ту же тему из интервью учителя математики С.Е.Рукшина, вырастившего двух лауреатов Филдсовской премии и без счета медалистов: «Но дети правда серьезно изменились, причем в худшую для обучения сторону. Во-первых, это клиповое сознание. У меня студенты теряют нить лекции, логические связки за 2,5—3 минуты. Из-за этого они не в силах что-то выучить. То есть их можно механически научить дифференцировать, а вот развить мышление — уже нет».

Что же до новых свойств познавательных процессов, то вот примеры — опять же традиционно три.

Размывается граница между информацией и дезинформацией. Это странно звучит, но на наших глазах слова теряют смысл, становятся просто стимулами для возбуждения интереса у подопытного. Вспомним прелестное словосочетание, любимое СМИ: «состоялись секретные переговоры». Заголовки новостей на сайтах зачастую имеют весьма слабое отношение к содержанию, их цель проста — чтобы мышка кликнула. Если раньше статьи о несуществующих людях и не имевших места событиях были уделом глянцевого журналов, а редакторы говорили «так все же поймут, что это по приколу», то теперь подобные статьи стали встречаться шире. И это никого не напрягает, то есть степень правдивости падает вполне гармонично с падением требований к достоверности содержания. Эти «вранье-сенсации» стали легитимным элементом культуры, обзавелись именем (фейк), есть фабрики по их выпечке.

Изменилась глубина знания и владения материалом, причем это следствие не столько упомянутого выше клипового мышления, сколько усложнения объектов. Примем в качестве критерия слож-

ности количество нормальных серьезных вузовских курсов, достаточных для того, чтобы человек мог начиная с нуля, с поиска вещества, создать объект. Тогда будут обязательны геологоразведка, добыча ископаемых, металлургия, металлообработка, материаловедение и так далее. Для паровоза достаточно, скажем, десяти курсов, для древнего лампового компьютера понадобится вдвое больше, для современного — еще вдвое. Поэтому инженер первой половины прошлого века мог, взяв в руки великий трехтомный трехтысячестраничный справочник Хютте построить все, что угодно. Во второй половине века — уже нет, а сейчас — тем более нет.

А вот самое потрясающее и никем не замеченное — космология стала экспериментальной наукой. Первые попытки не просто заглянуть в космос, но и что-то там сделать человек предпринял довольно давно. В верхние слои атмосферы инжестировались с ракет пары щелочных и щелочноземельных металлов и пучки электронов, и люди с интересом наблюдали искусственное полярное сияние. Космологией это назвать еще нельзя, но вот — первый настоящий космологический эксперимент человек поставил, запустив в космос зонды «Пионер» и «Вояджер» и обнаружив «аномалию «Пионеров»», отклонение скорости движения от расчетной. Запахло нарушением закона всемирного тяготения на космических расстояниях. Как и следовало ожидать, сначала были предложены всякие потусторонние объяснения через нарушение основных законов природы (Оккам сердито хмурился), и лишь потом аккуратно рассчитали дополнительную тягу, возникающую из-за теплового излучения самого аппарата. И оказалось, что наблюдаемый эффект объясняется именно этим. Отрицательный результат, который ценнее много положительного, — или просто замечательный положительный результат?

Вот так-то: с одной стороны, сглаз и акулий зуб на шее, с другой — и клиповое мышление, и экспериментальная космология. А вы — быстро меняется, ускоряется и т. п. и т. д. Да загляните просто внутрь себя — что именно меняется? Что именно ускоряется? И ужаснитесь. Или восхититесь? Но главное — задумайтесь.

Л.Хатуль



Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ



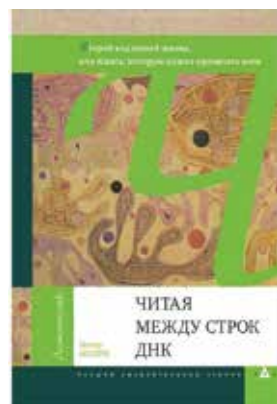
КНИГИ

Ричард Форти
Трилобиты.
Свидетели эволюции
Альпина нон-фикшн,
2013



Перед нами первая популярная книга на русском языке о трилобитах. Миллионы лет назад эти необычайные животные самых немислимых форм и размеров, хищные и смирные, крошки и гиганты, царили в океанах и на суше... а потом исчезли

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



Немецкий нейробиолог Петер Шпорк приглашает исследовать мир новой науки — эпигенетики. Он объясняет, почему от рака умирают даже те люди, которые не унаследовали гены предрасположенности и не вели нездоровый образ жизни; почему взрослые склонны к определенным болезням, если в младенческом возрасте испытывали недостаток любви...

Ричард Докинз
Расширенный фенотип:
длинная рука гена
АСТ,
2014



Ясность изложения, юмор и железная логика делают даже строго научные труды Докинза доступными широкому кругу читателей. «Расширенный фенотип» развивает идеи его знаменитой книги «Эгоистичный ген», где эволюция и естественный отбор рассматриваются «с точки зрения гена». «Расширенный фенотип» по праву считается одной из важнейших книг в современной эволюционной биологии.

Нил Шубин
Вселенная внутри нас: что
общего у камней, планет и
людей
АСТ,
2013



Нил Шубин рассказывает о том, что человек состоит в кровном родстве не только со всеми живыми организмами, но и с землей, с водой и воздухом, с нашей планетой, с Галактикой и всей Вселенной — ведь наши тела сотканы из звездной пыли. Автор пересказывает — буквально с космическим размахом — историю человечества, начавшуюся еще в момент Большого взрыва

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



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

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

Темные фантазии астрофизиков

Массовые вымирания видов на планете Земля случаются с завидным постоянством каждые 30—40 млн. лет. И примерно с той же периодичностью на планету обрушиваются метеориты, оставляя гигантские кратеры, и происходят так называемые площадные извержения, весьма разрушительные. Падение метеорита мы как-то можем себе представить — падали они и при нас. А такого вулканизма, когда нет никаких вулканов, однако на обширной площади разверзаются глубокие трещины, откуда извергаются потоки лавы и создают огромные базальтовые поля, люди не застали. Есть лишь его последствия: такие поля имеются в Восточной Сибири, на Деканском плоскогорье на юге Индостана, в Южной Америке в районе бассейна реки Парана и в Намибии на плато Этендека.

Как это объяснить? Многие считают, что никакой периодичности нет, стало быть, нет и повода для рассуждений. Встречается и промежуточный взгляд: есть и периодические события, и уникальные, которые порят всю картину. Однако сторонники периодичности не раз и не два пытались связать эти явления воедино и найти причину порядка в данных. Весьма распространена точка зрения, что это как-то связано с галактическим годом — временем обращения Солнечной системы относительно центра Галактики, который продолжается 180—250 млн. лет, то есть его можно поделить на периоды по тридцать с лишним миллионов.

В нашей стране один из ярких сторонников гипотезы связи катастроф на Земле с галактическим годом — научный сотрудник Института проблем нефти и газа РАН А.А. Баренбаум. Он считает, что причиной катастроф служит прохождение системы через так называемые струйные течения — потоки газа и пыли, выходящие из центра Галактики, которые резко усиливаются, попадая в области расположения четырех рукавов электромагнитной природы, закрученных в логарифмические спирали. Астрономы их видят по концентрации межзвездных облаков и называют рукавами Лебедя, Персея, Стрельца и Кентавра по именам созвездий. Согласно Баренбауму, за галактический год Земля десять раз пересекает эти потоки, поскольку движется несколько с иной скоростью, нежели они.

Правда, многие астрофизики считают, что Солнечная система движется вместе с ними и никогда в такие опасные потоки не попадает.

В том, что они опасны, сомнений нет ни у кого. Так, Баренбаум полагает, что именно там концентрируются галактические кометы — страшные шары размером в десятки километров, летящие с огромной скоростью в сотни километров в секунду. Они-то, врезаясь в Землю, и губят на ней все живое, заодно создавая запасы ископаемых углеводородов.

Помимо возможного путешествия сквозь галактические рукава, Солнечная система с той же периодичностью 30—35 млн. лет пересекает галактический диск. Это уже можно установить точно, поскольку траекторию движения сквозь Галактику просчитать не так уж сложно. Есть предположение, что «магические» 30 миллионов в периодичности бомбардировок планеты берутся именно из этого движения: гравитационные воздействия галактического диска при его пересечении дестабилизируют кометный склад — облако Оорта, и оттуда к нам прилетают нежданные гости. В принципе последствия получаются те же, что и в гипотезе Баренбаума, только скорость движения таких комет заметно меньше — десятки километров в секунду, да и размер не столь грандиозен. Впрочем, одними кометами разливы базальтов не объяснишь.

Но время идет, физики находят все новые объекты в безграничном космосе, и вот появился еще один любимец — темная материя. Эта загадочную субстанцию астрофизики ввели в теорию мироздания, чтобы объяснить нестыковки в движении галактик. У нее известно лишь одно свойство — способность к гравитационному взаимодействию с барионной (то есть с обычной, не темной) материей и ни к какому иному. А дальше начинаются фантазии, и возможности их безграничны. Основная концепция предполагает наличие вимпов — слабо взаимодействующих массивных частиц (от англ. *weakly interacting and massive particles*). То есть таких, которые по массе сравнимы с массой ядер химических элементов. Это очень удобно (для фантазий): например, такая частица, попав в Землю, отлично тормозится имеющимися в ней ядрами. А если масса вимпы велика и близка, скажем,

к массе ядра железа или никеля, так еще лучше — она затормозится именно там, где надо, в ядре планеты. Почему «там, где надо»? Потому, что именно в центре планеты расположен минимум гравитационного потенциала. Значит, гравитационно взаимодействующая материя станет скапливаться именно там, образуя сгусток. А дальше надо считать, откуда она берется, сколько ее скопится, и смотреть, что с ней будет.

Довольно долго предполагалось, что темная материя расположена за пределами Галактики, образуя мощное гало, масса которого во много раз больше массы барионного галактического вещества. Эта точка зрения неинтересна, поскольку нечто, находящееся на расстоянии в тысячи световых лет от нас, волнует лишь узких специалистов. Иное дело, когда темная материя имеется прямо здесь, под рукой, — в пространстве, занятом Солнечной системой. Тогда от нее может напрямую зависеть наша жизнь. Неудивительно, что темную материю ищут везде — от локального звездного скопления (то есть среди наших соседей) до Млечного Пути в целом.

Дело это непростое, ведь напрямую увидеть темную материю нельзя, и приходится искать косвенные свидетельства. А именно — изучать особенности движения отдельных звезд и Галактики в целом. Используемые при этом методы коллеги часто подвергают суровой критике, результаты же оказываются не самыми впечатляющими — отличие вычисленных значений от нуля попадают в пределы ошибки расчета. Однако убежденность астрофизиков в том, что темная материя в Галактике есть, растет. Вот, например, в недавней статье («Nature Physics», 2015, 11, 245—248; doi: 10.1038/nphys3237) Фабио Иокко, Мигель Пато и Джанфранко Бертини, работающие в нескольких европейских и одном бразильском институте, пришли к выводу, что темная материя внутри Млечного Пути непременно есть. Они собрали воедино множество опубликованных измерений параметров движения объектов Галактики, сопоставили их с моделями распределения барионной материи по объему Млечного Пути и нашли, что этой материи никоим образом не хватает для объяснения движения. Причем на всех масштабах — от ближайшего окружения

Солнечной системы до самых отдаленных концов Галактики (видимых с Земли, естественно). Правда, о распределении темной материи по Галактике они принципиально не рассуждали.

Как бы то ни было, складывается мнение, что в районе Солнечной системы плотность распределения темной материи сейчас составляет сотые доли массы Солнца на кубический парсек.

Любительский расчет (см. «Химию и жизнь», 2014, № 3) показал, что при такой плотности Земля способна за всю свою историю поглотить столько темной материи, что масса ее ядра увеличится на тысячные доли процента. То есть заметить это нельзя и ни к каким катастрофам привести не может.

Однако профессиональные физики придумали, как устроить катастрофу планетарного масштаба с помощью темной материи. Первыми были, видимо, индийцы Самар и Афсар Аббасы из бхубанесварского Института физики, которые с ее помощью организовали площадной вулканизм («Astropartical Physics», 1998, 8, 4, 317–320; arXiv:astro-ph/9612214v1). Рассуждали они так: вимпы устроены столь хитро, что если их много соберется в одном и том же месте, то они начнут аннигилировать. Физики, предложившие немало гипотез по поводу устройства вимпов, придумали и несколько механизмов такой аннигиляции, и соответственно наборы их продуктов. В каждом случае либо сразу, либо немного погодя получаются электромагнитные кванты, которые поглощаются веществом и неизбежно его нагревают. Предположив, что плотность темной материи в ядре Земли со временем не меняется, то есть существует динамическое равновесие между числом вновь захваченных и сгоревших частиц, Аббасы подсчитали, что за год этот процесс должен давать 10^8 Вт тепловой энергии. Это незначительная величина, поскольку из земных недр выходит 10^{13} Вт в год. Для сравнения: мощность солнечного излучения, падающего на поверхность Земли, имеет порядок 10^{17} Вт в год — в десять тысяч раз больше.

И все же, как указывают Аббасы, темная материя может быть распределена по Галактике неравномерно, да и не просто может, а должна — потому что ею управляет гравитационный потенциал. А он ниже всего в центре гравитирующих объектов. Значит, темная материя будет собираться внутри планет и звезд, и в большем масштабе — в руках Галактики и особенно во внутренней части галактического диска, и чем ближе к центру, тем сильнее. А поскольку все это движется с огромными скоростями, неизбежно должны возникать стоячие волны плотности. Есть мнение, что в областях сгущения темной материи ее плотность может оказаться аж в миллиарды раз больше, чем в среднем, то

есть там десятки, а то и сотни миллионов темных солнц на кубический парсек.

Эти сгущения естественно ожидать как раз в плоскости галактического диска, который Солнечная система пересекает примерно каждые тридцать миллионов лет, а последний раз вышла оттуда совсем недавно — два-три миллиона лет назад. В общем, примерно тогда, когда плиоцен сменился родным нам плейстоценом с его многократными ледниковыми периодами. Если предполагать, что слой темной материи в области центрального диска тонкий, не более парсека, то путь сквозь него занимает миллион лет. А размер сгущений еще меньше (доли парсека), их Солнечная система должна преодолевать за тысячелетия.

Последствия прохождения сгущения очевидны. Во-первых, внутри всех небесных тел идет накопление темной материи, и масса может вырасти отнюдь не на тысячные доли процента. Это неизбежно меняет гравитационные силы в системе, какие-то орбиты могут дестабилизироваться и обеспечить бомбардировку Земли без всяких приливных сил со стороны Галактики. А во-вторых, возросший поток вимпов обеспечивает гораздо более высокое выделение энергии в центрах небесных тел. По оценке Аббасов, оно достигает уже 10^{16} – 10^{19} Вт, то есть сравнивается с солнечной! Кстати, аналогичный эффект разогрева должен происходить и с нашим светилом. То есть в сгущении начинается процесс всесистемного потепления. Насколько быстрым оно будет?

Это подсчитал последователь Аббасов Майкл Рампино из Нью-Йоркского университета и Годдардовского центра космических исследований НАСА («Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», 2015, 448, 1816–1820; doi:10.1093/mnras/stu2708). Масса ядра Земли $1,95 \cdot 10^{24}$ кг, его теплоемкость 800 Дж/К кг. Значит, чтобы нагреть ядро на 1 градус, потребуется $1,56 \cdot 10^{24}$ Дж тепла. При мощности излучения от распадов вимпов 10^{19} Вт на это уйдет пять лет. Если путь сквозь сгущение займет несколько тысяч лет, то ядро нагреется на сотни градусов! К счастью, это тепло станет перераспределяться дальше — в мантию — и потом через кору уйдет прочь. Разогрев мантии приведет к возникновению плюмов, идущих из нижних слоев мантии, а то и прямо от ядра восходящих потоков, которые в конце концов проплавляют земную кору и разливаются базальтовыми морями. Сейчас на Земле есть несколько небольших плюмов, самый известный из них образовал Гавайские острова. Глубокий плюм доставит на поверхность материал, не претерпевший изменений со времен образования планетозимали. — и Аббасы находят тому подтверждение: повышенное содержание в сибирских базальтах гелия-3 и осмия-187, а послед-



КАЛЬКУЛЯТОР

ний получается распадом рения-187, которым, как предполагают, обогащено ядро планеты. Нагрев ядра должен вызывать изменение работы и геомагнитного динамо с большой вероятностью переполюсовки (последняя закончилась примерно миллион лет тому назад, когда мы покинули галактическую плоскость). Чтобы поверить свои рассуждения данными наблюдений, Рампино сравнил даты пересечения галактического диска, мощных бомбардировок, вымираний и вулканических катастроф и нашел такие совпадения в 11 случаях, включая столь значимые, как пермское, триасовое, знаменитое мел-кайнозойское (это когда вымерли динозавры), позднее палеоценовое и позднее эоценовое вымирания. Вполне приличное совпадение, заставляющее внимательнее отнестись к роли темной материи в судьбах планеты.

Помимо катастрофического вулканизма, как уже было упомянуто, путешествие сквозь сгущение способно привести к кометному дождю за счет дестабилизации орбит из-за изменения сил тяжести в Солнечной системе. Тут может играть роль не только галактический прилив, но и утяжеление небесных тел, поглотивших слишком много темной материи. Рампино такую переменную гравитацию не обсуждает, но очевидно, что этого эффекта не избежать, вопрос в его величине. Чтобы он стал значимым (при миллиардном-то превышении плотности по сравнению со средним это легко), нужно лишь одно условие: пусть темная материя не сразу начинает гореть в ядрах, а накапливается. И если масса станет совсем уж большой (фантазировать так фантазировать!), то и Луна притянется (ее полупериод станет равным не 14 дням, а чертовой дюжине), и скорость движения по орбите изменится (возникнут неполадки с календарем), а в экстремальном случае и континенты соберутся в один. Ну а после того, как вимпы сгорят, все вернется на круги своя, и потопки будут гадать: что это было? Кстати, полет сквозь не столь мощное сгущение приведет не к катастрофе, а к более или менее умеренному потеплению климата. Скажем, для получения нынешнего глобального потепления, нужно увеличить поток тепла от земного ядра всего-то в десять раз.

Ф. Манилов

Беспартийный большевик

Трудиться ради одной идеи, положить свою жизнь для достижения цели — сегодня это оценивается как чудачество, но век назад вызывало скорее уважение, чем удивление. Можно предположить, что таких людей воспитывало революционное время начала XX

века, хотя не обязательно они служили идее торжества мировой революции. Александр Федорович Котс (1880—1964) посвятил свою жизнь созданию и развитию знаменитого Дарвиновского музея в Москве. Идеям «профессора-общественника» А.Ф. Котса несказанно повезло — они пришлись ко времени и во многом удовлетворили идеологические потребности советской власти в области биологической науки, ведь дарвинизм — «подлинно научное мировоззрение» — всегда пользовался поддержкой и классиков, и эпигонов марксизма-ленинизма.

Первые два тома собрания сочинений А.Ф.Котса, заботливо изданные Государственным Дарвиновским музеем, посвящены специфике музейного дела («Массовый музей и массовый зритель») и истории создания музея. Эти работы публикуются впервые. Научное и музееведческое наследие А.Ф. велико, многие опубликованные материалы А.Ф.Котса и Н.Н.Ладыгиной-Котс размещены в pdf- и html-форматах в Сети (<http://kohts.com>). Ожидается издание еще нескольких томов сочинений А.Ф.

Во втором томе, с которого я рекомендую начинать чтение, представлена биография А.Ф. на фоне ранней истории Музея. Издание дополнено работами А.Ф. о задачах и проблемах, вставших перед Музеем в послевоенные годы.

...Подобно многим представителям тогдашней революционной интеллигенции, молодой Александр Котс ценил красоту идей выше красоты природы. В юношеские годы он только дважды участвовал в больших зоологических экспедициях. Все его помыслы были обращены к музею нового типа, музею идеологическому, который позднее получил название Дарвиновского. Две большие зарубежные поездки показали полное отсутствие аналогичных музеев в Европе. Идея и структура будущего музея были тщательно продуманы, об этом подробно и трогательно-наивно написано в обоих изданных томах сочинений А.Ф. Все немалые заработки от преподавательской

и коммерческой деятельности А.Ф. в дореволюционные годы были направлены на сбор и покупку зоологических экспонатов. Едва ли создание музея было возможно без помощи друзей-единомышленников — увлеченной наукой и только наукой жены, Н.Н.Ладыгиной-Котс, таксидермиста В.Е.Федулова; чуть позже к ним присоединился художник-анималист В.А.Ватагин.

В 1913 году Московские Высшие женские курсы (позднее Московский государственный педагогический институт им. В.И.Ленина, ныне Московский педагогический государственный университет) предоставили для «музея эволюционной истории» небольшое помещение на Девичьем Поле (в районе Новодевичьего монастыря), в котором он и размещался, а в последние годы из-за постоянного роста числа экспонатов, точнее было бы сказать, ютился. Формально датой создания Музея считается 1907 год, когда молодой преподаватель Александр Котс перенес свои коллекции в зоологический кабинет Высших курсов.



Бюст Рудольфа Штейнера работы В.А.Ватагина. На фото слева направо: А.Ф.Котс, Н.Н.Ладыгина-Котс, М.В.Сабашникова-Волошина, В.А.Ватагин. До 1917 г. (Из архива В.Селицкого)

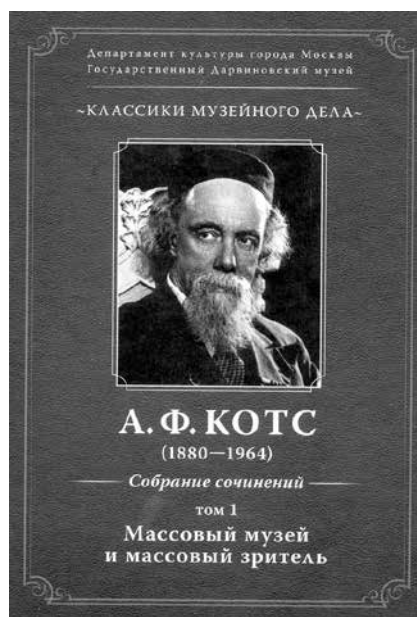
Между тем Музей был ориентирован именно на массового посетителя и, конечно, нуждался в более просторном помещении. А.Ф. красочно и подробно описывает свои хождения по инстанциям как при царском режиме, так и при советской власти — в поисках средств для расширения Музея. К сожалению, все старания закончились ничем — богачи-промышленники отказали в помощи в предреволюционные годы, а советская бюрократия, несмотря на поддержку высшего партийного руководства, загубила проекты нового здания Музея гораздо позднее, уже в 1950—1960 годы. (Впрочем, в книге 1913 года Котс сердечно благодарит графиню С.В.Панину за финансовую помощь.)

Но Музей работал и развивался. Через него проходил огромный поток экскурсантов, особенно в советские годы.

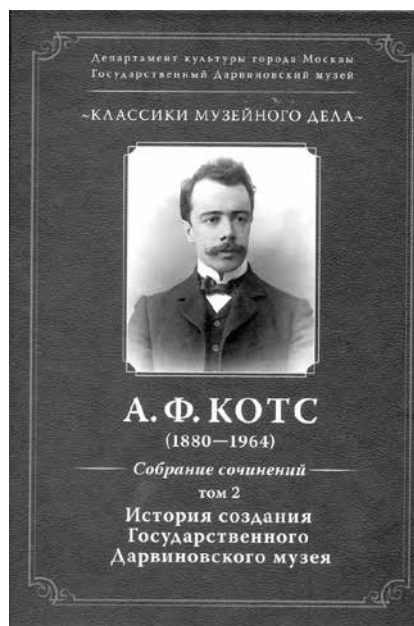
Множество экскурсий и выездных лекций провел лично А.Ф. И это несмотря на то, что идея дарвинизма не столь интересна и очевидна для широких масс, как, например, история революции, собрание картин Третьяковской галереи или мемориальные дома-усадьбы Л.Н. Толстого и других великих писателей. По количеству посетителей и экскурсантов в советское время относительно небольшой Музей был вполне сравним с другими московскими музеями.

Вот характерные заглавия разделов первого тома: «О музеях, как лабораториях по изучению культмассовой работы», «Кто такой массовый зритель?», «Что такое массовый музейный экспонат?», «Вещь — этикетка. Слово — образ». Выделено несколько типов музеев, в первую очередь учебные и научно-исследовательские. Одна из главнейших задач новых музеев массового типа — «приобщение к научным знаниям... обязательно в живой, манящей, увлекательной общепонятной форме, без снижения научности даваемых сведений». Это касается как экскурсионной деятельности, так и улучшения экспонатов и этикеток для удобства одиночных посетителей. Ориентация на знатоков-любителей не свойственна массовому музею. Массовый посетитель не хочет скучать и уставать в музее, желает осмотреть его в один прием, мало или ничего не знает по тематике музея, воспринимает экспонаты в меру их эмоционального воздействия. Поэтому для соответствующего музея важны лаконичность и стройная логика экспозиции, эстетизм (то есть внешняя художественность формы), борьба на два фронта — с академизмом и с вулгаризацией науки. «Создание подлинных музеев — дело личного призвания и творческого пафоса их основателей» — эти слова стопроцентно относятся и к самому А.Ф.Котсу! Увы, едва ли все его теоретико-музеологические построения были применимы к ютящемуся в тесноте Дарвиновскому музею послевоенного времени...

Тексты первого тома, написанные в 1950-е годы, несомненно, опередили свое время. Жаль, что они не увидели свет при жизни автора. Хотя, надо признать, прежний массовый посетитель музеев ныне почти исчез. Нет характерных для советского периода экскурсий слушателей курсов ОГПУ, школы служебного собаководства, рабочих пушно-мехового холодильника с семьями и т. д. и т. п. Судя по всему, «массовыми» остались только школьники. А.Ф.Котс настаивал на факультативности, необязательности музея нового типа. Однако у меня закрадываются сомнения в «спонтанности» прихода школьников в музей, особенно группами. Учитель или районное управление образования решили — и дети пошли. Часть текстов перекликается с ранней книгой А.Ф. «Пути и цели эволюционного учения



Котс А.Ф. Собрание сочинений. Том 1. Массовый музей и массовый зритель. М.: Государственный Дарвиновский музей. 2013.



Котс А.Ф. Собрание сочинений. Том 2. История создания Государственного Дарвиновского музея. М.: Государственный Дарвиновский музей. 2014.

в отражении биологических музеев», выпущенной в 1913 году.

По соображениям самоцензуры А.Ф.Котс не указывает, что в дореволюционное время его Музей был посвящен не только Дарвину, но и Гете. А эволюционное учение Гете (см. рецензию на его научные труды в № 11 «Химии и жизни» за 2014 год) неотделимо от антропософии (фактически запрещенной в сталинские времена) и фигуры Рудольфа Штейнера, лекции которого А.Ф. слушал в 1913 году, и даже получил от него фотографию с дарственной надписью. Позднее, уже



КНИГИ

в 1920-е годы, он назвал своего сына Рудольфом. В.А.Ватагин изготовил бюст Штейнера и два больших панно, «Лемурия» и «Атлантида», отражающих «альтернативную» историю жизни на Земле; похоже, все это было уничтожено позднее, уже в советское время, при окончательном переходе «в дарвинизм». Впрочем, по неподтвержденным сведениям, остатки этих необычных панно хранились в старом здании музея еще в 1970-е годы... Согласно еще одной версии, все эти работы были переатрибутированы и благополучно сохранились в запасах под новыми названиями.

Все тексты А.Ф.Котса написаны превосходным языком. Редакторы-составители позаботились о богатом иллюстративном материале — в основном это фотографии из архива Музея. Тексты тщательно вычитаны, количество ошибок и опечаток минимально. Остается только пожалеть о полном отсутствии справочного аппарата, столь необходимого для мемориально-исторических книг, и почти полном отсутствии сносок и комментариев. Не помешал бы и именной указатель, особенно во втором томе. Тираж в 500 экземпляров также совершенно недостаточен для широкого распространения этого во многих отношениях замечательного издания, тем более что оно отсутствует в книжных магазинах.

В середине 1970-х годов, будучи школьником, я посетил почти все московские музеи. А вот с Дарвиновским вышла неудача — мы с дедушкой поехали туда, но музей оказался закрыт (авария водопровода или теплосети? перегрузка экспонатами?). Второй раз мы туда так и не собрались... Так что старый музей, увы, остался мне неизвестен. А тридцать лет спустя я со своими детьми неоднократно и с большим удовольствием посещал новое здание Музея, очевидно построенное по идеям, заложенным А.Ф.Котсом... Но, если честно, мне кажется, что в новом музее москвичей и гостей столицы привлекает его легендарность и замечательная, более чем вековая, история. И это совсем неплохая замена былой дарвинистической идеологии.

К.Г.Михайлов,
Зоологический музей МГУ

Мармелад

Что значит это слово? Если вы верите этимологическим словарям, то знайте: слово «мармелад» появилось у нас из французского языка в XVIII веке. Французское *marmelade*, в свою очередь, происходит от испанского *marmelada*, образованного от *marmelo* — «айва». А *marmelo*, португальское слово, восходит к латинскому *melimelum* (сладкое яблоко), заимствованному из греческого языка. Первоначально слово «мармелад» обозначало варенье из айвы, причем такое плотное, что его хранили в ящиках. Согласно другой версии, *marmelade* переводится как «блюдо цвета айвы» (или яблок). Но поскольку мармелад, особенно натуральный, совершенно другого цвета, такое объяснение кажется менее правдоподобным.

Почему айва? Айва, *Cydonia oblonga*, из семейства розоцветных, подсемейства яблоневых, имеет очень крупные ароматные плоды, в которых помимо всего вкусного и полезного много полисахарида пектина. А пектин — прекрасный загуститель, который придает мармеладу желейную плотность. Кроме айвы, мармелад варили из яблок и абрикосов, в них пектина тоже много, около 1%. Самый ранний, древнегреческий мармелад представлял собой сок плодов, богатых пектином, упаренный до плотного состояния. В него могли добавить виноград или другие ягоды для сладости, вкуса и цвета, иногда даже подслащивали медом, однако настоящий мармелад всегда с кислинкой. Это лакомство восточное и южное, потому что айва и абрикосы на севере не растут. В Европе мармелад стал популярен в XVI веке, когда она обзавелась колониями и источниками сахара.

С тех пор появились загустители, красители и ароматизаторы, мармелад стал много разнообразнее и дешевле, и все же настоящий продукт по-прежнему делают из айвы и яблок, хотя встречаются рецепты мармелада из богатых пектином смородины и крыжовника, и даже из тыквы и свеклы.

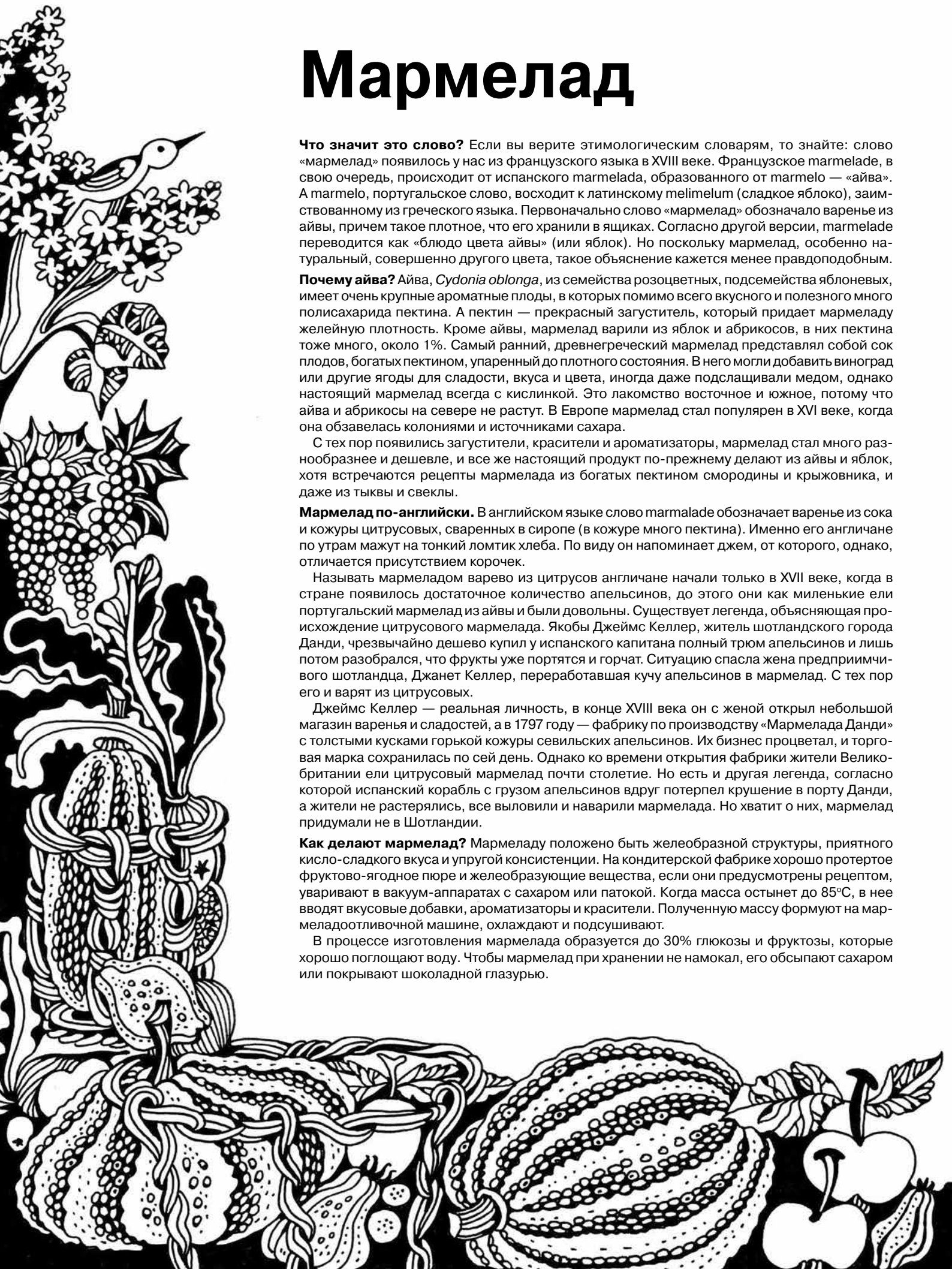
Мармелад по-английски. В английском языке слово *marmalade* обозначает варенье из сока и кожуры цитрусовых, сваренных в сиропе (в кожуре много пектина). Именно его англичане по утрам мажут на тонкий ломтик хлеба. По виду он напоминает джем, от которого, однако, отличается присутствием корочек.

Называть мармеладом варенье из цитрусов англичане начали только в XVII веке, когда в стране появилось достаточное количество апельсинов, до этого они как миленькие ели португальский мармелад из айвы и были довольны. Существует легенда, объясняющая происхождение цитрусового мармелада. Якобы Джеймс Келлер, житель шотландского города Данди, чрезвычайно дешево купил у испанского капитана полный трюм апельсинов и лишь потом разобрался, что фрукты уже портятся и горчат. Ситуацию спасла жена предприимчивого шотландца, Джанет Келлер, переработавшая кучу апельсинов в мармелад. С тех пор его и варят из цитрусовых.

Джеймс Келлер — реальная личность, в конце XVIII века он с женой открыл небольшой магазин варенья и сладостей, а в 1797 году — фабрику по производству «Мармелада Данди» с толстыми кусками горькой кожуры севильских апельсинов. Их бизнес процветал, и торговая марка сохранилась по сей день. Однако ко времени открытия фабрики жители Великобритании ели цитрусовый мармелад почти столетие. Но есть и другая легенда, согласно которой испанский корабль с грузом апельсинов вдруг потерпел крушение в порту Данди, а жители не растерялись, все выловили и наварили мармелада. Но хватит о них, мармелад придумали не в Шотландии.

Как делают мармелад? Мармеладу положено быть желеобразной структуры, приятного кисло-сладкого вкуса и упругой консистенции. На кондитерской фабрике хорошо протертое фруктово-ягодное пюре и желеобразующие вещества, если они предусмотрены рецептом, уваривают в вакуум-аппаратах с сахаром или патокой. Когда масса остынет до 85°C, в нее вводят вкусовые добавки, ароматизаторы и красители. Полученную массу формуют на мармеладоотливочной машине, охлаждают и подсушивают.

В процессе изготовления мармелада образуется до 30% глюкозы и фруктозы, которые хорошо поглощают воду. Чтобы мармелад при хранении не намокал, его обсыпают сахаром или покрывают шоколадной глазурью.



Какой бывает мармелад? Существующие виды мармелада классифицируют в зависимости от желеинового вещества, использованного при их изготовлении. Фруктово-ягодный мармелад — натуральный продукт, в его состав входят фруктовое пюре, сахар (патока) и пектин, который часто добавляют даже к яблочному мармеладу, чтобы он был плотнее. Когда вместе с пектином или вместо него используют агар-агар или желатин, получается желеино-фруктовый мармелад. Агар-агар предпочтительнее желатина, извлекаемого из жил, хрящей и костей, но желатин дешевле.

Желеино-фруктовый мармелад легко приготовить дома, если есть хороший джем. Сначала надо развести загуститель, а когда он вскипит и растворится, выложить в него джем и хорошенько размешать. Когда масса немного остынет, ее разливают по формочкам, окончательно остужают при комнатной температуре и обсыпают сахарной пудрой или сахаром.

Желейный мармелад по консистенции нежнее фруктово-ягодного и желеино-фруктового, что неудивительно: он состоит из сладкого желе, то есть загустителя с сиропом, к которому добавляют ароматизаторы, пищевые кислоты и красители. В качестве загустителей, помимо желатина, пектина и агара, могут использовать агароид — полисахарид, получаемый из черноморской водоросли филлофлоры, или крахмал.

Последняя новация мармеладной отрасли — яркие фигурки жевательного мармелада. Для его загущения годится только желатин. Он придает фигуркам упругость, а чтобы они лучше хранились, их покрывают глазурью с натуральным воском и растительными жирами. Детям эти сласти нравятся, но фруктов в них практически нет.

Пласты, слои и дольки. Конечно, мы предпочтем натуральный мармелад, не надо нам этой дешевой химии, мы за ценой не постоим! Но, увы, классический яблочный или айвовый мармелад выглядит не очень аппетитно: плотный бурый пласт. Иногда, сжалившись над потребителем, его подкрашивают, добавляя какие-нибудь фрукты (ежевика, виноград или цитрусы) или натуральные красители.

Кроме пластового мармелада, бывает еще формовой (мармеладную массу отливают в формы) и резной. Среди сортов формового фруктово-ягодного мармелада выделяют пат — мелкие полушария или горошины, обсыпанные сахарной пудрой. Пат готовят из яблочного, абрикосового, черносмородинового или сливового пюре, которое сильно уваривают, поэтому он плотнее, чем остальные виды мармелада.

Желеино-фруктовый мармелад выпускают формовой или резной, формовкой или резкой получают и фигурки жевательного мармелада.

А вот любимые многими «лимонные» и «апельсиновые» дольки и трехслойный мармелад — это резные желеиные сорта (хотя бывают и фруктово-желейные). Впрочем, никакой «вредной» химии в них обычно нет: дольки состоят из сахара, крахмальной патоки и лимонной кислоты, агара, яичного сухого белка и натуральных ароматизаторов, а красят их экстрактом паприки, куркумином и бета-каротином.

О пользе мармелада. Редкий производитель или любитель продукта не задумается о его пользе. Не стал исключением и мармелад. И витамины-то в нем, и микроэлементы, а главное — пектин. Он действительно полезен, это хороший натуральный сорбент, но знайте же меру! Зачем писать в статье о мармеладе, что пектин заживляет раны и ожоги? Агар-агар, оказывается, улучшает перистальтику кишечника, желатин — состояние волос, зубов и костей (это при том, что он обычно плохо усваивается организмом), а жевательный мармелад очищает полость рта, отбеливает зубы и снижает риск развития стрессов и невротозов (жеуем — успокаиваемся). В общем, ешьте мармелад, и у вас будут белые зубы, крепкие кости и здоровые нервы. Верите?

Мармелад — сладкая углеводная масса, в 100 г содержится от 75 до 80 г углеводов и 270—350 ккал. Самый низкокалорийный, витаминный, пектиновый и натуральный — фруктово-ягодный. В небольших количествах можно съесть даже желеиный, увлекаться им не стоит, потому что агар-агар обладает небольшим слабительным действием. В жевательном мармеладе много красителей и консервантов, так что нервы лучше успокаивать как-то иначе, особенно маленьким детям.

С какими продуктами сочетается мармелад? Мармелад — сладость для чаепития, его можно есть как конфеты или порезать тонкими ломтиками и положить на хлеб, даже черныи (с маслом). Мармелад — украшение тортов, кексов и других кондитерских изделий, суфле и мороженого, начинка для выпечки. Особенно хорошо прятать в тесто фруктовый пластовый мармелад — стоит ли разглядывать начинку, если вкусно?



Н. Ручкина



погревал... для ма...
...ключенным...
...от этого ор...
...тку не... Там...
...свари... Здесь бе...
...жд...

ФАНТАСТИКА

Зак, поглядывая на меня, деловито пихает в карман Серого Мыша, тот не влезает, высовывается, хвост свисает вдоль штанины (*примеч. — С.М. — любимая игрушка, часто берет с собой в садик, всегда в постель (не засыпает без), любит кормить мороженым (добав.*

разводы на морде), левый глаз заменен пуговицей, черной, 1/2 дюйма).

Я смотрю на них, замерев на последней ступеньке. Долго смотрю.

Джошуа отвечает на мой взгляд, пожимает плечами.

— Фантомные боли в области сердца, — говорит он. — Езжай на работу, отвлечешься. После работы в супермаркет.

Я киваю.

— В холодильнике кончились помидоры, — сообщает он. — У куриного карри еще вчера истек срок годности, можешь, конечно, его съесть, но на свой страх и риск, если купишь дополнительный рулон туалетной бумаги. — Он смотрит на меня внимательно и строго. — И водки купи, — говорит наконец. — Положи в морозилку сразу. Вечером мне спасибо скажешь. Пора начинать день, иди сюда. Где твоя маска?

— Наверху, — говорю я. — Не пойду за ней, я так, глаза закрою.

Я захожу в тактильную зону и чувствую легкие прикосновения моих детей. Они гладят меня по рукам, по шее. В маске я бы чувствовала и их теплые поцелуи на щеках. Зак все норовил чмокнуть в нос. Мы раньше так смеялись.

— Пока, мамочка, — говорят они. — Хорошего тебе дня. Нам в школе будет здорово!

Джошуа крепко сжимает мои плечи.

— Ты умница, — говорит он нежно. — Хорошо держись. До вечера!

Я слышу хлопок входной двери, тихий рокот э-кара, шипение, когда он отходит от дока и уходит вверх по улице. Если не открывать глаз и не думать о динамиках, симулирующих эти звуки, то иллюзия почти совершенна. Я в ней живу и ее же продаю.

Я усаживаюсь, чтобы натянуть на протез кожаный лофер. Мода ходит кругами. Такую же обувь носили в десятые годы, когда я была еще совсем маленькой. У мамы сохранилась пара почти новых, с ума сойти, тридцать лет хранила, но она вообще мало что выбрасывает.

Как обычно, мысли о маме тут же притягивают ее внимание, золотой дельфинчик-наушник в моем ухе дребезжит вызовом. Я вздыхаю и отвечаю.

— Привет! Ага, все нормально. Собираюсь на работу. Да, позавтракала. Мама, я ем, честно. И ужинаю. И пять порций в день овощей. Вчера? Горошек, помидор, яблоко и еще дрянь какую-то из регидратора. Водоросли, что ли. Ой, мам, мне тридцать четыре года! Да знаю я, знаю, у меня у самой де... Ну ладно, мам. Хорошего тебе дня. Папе привет.

Я трогаю э-кар кольцом, дверь с тихим шипением отходит, двигатель оживает, экран расцветает. Кольцо у меня одно, обручальное, оно же платежка, оно же ключ.

Мама носит с десятков разных, несколько платежных от разных банков, некоторые очень красивые, с камнями. Есть у нее и ключ от моего дома, только она его больше не носит. С тех пор как установили Стену, она ни разу не переступила мой порог. Она очень, очень не одобряет. Однако звонит каждый день.

Папа иногда приезжает, но только когда я дома, и дверь сам не открывает, стучится. Джошуа, Зак и Хлоя тогда уходят на второй этаж, тихо ждут там, пока я их позову. Мы пьем с папой чай у темной Стены, говорим о погоде.

— На работу, — говорю я, э-кар закрывается, отходит от дока. Я замечаю, что второй док начинает выглядеть неухоженным и потемневшим, как будто там никто не паркуется уже года три. Когда врешь себе с таким размахом, как я, внимание к деталям очень важно, и я наговариваю в заметки: «Почистить второй док». Появившиеся на экране буквы выделяю красным.

Э-кар несет меня по М-три в потоках лондонцев, спешащих на работу из предместий. Я поглядываю вокруг. Кто-то смотрит новости, кто-то дремлет, большинство, как я, готовится к рабочему дню. Я встречаюсь глазами с плохо покрашенной мрачной теткой из синего, более медленного ряда. Она курит и, заметив мой взгляд, вызывающе выдувает дым в мою сторону. Меня обдаёт потоком неприязни, обидной и незаслуженной. Ну да, меня кар довезет до работы за полчаса, а ее почти за час, но моя фирма может себе позволить оплачивать ценному сотруднику дорогую оранжевую полосу... Меняй работу, дура. И парикмахера.

Покачив головой, возвращаюсь к экрану, просматриваю сообщения.

Сообщение 1. Герми, я наконец уговорила Мартина и Таню на особый уик-энд у моря, мы, кажется, в Портсмуте, но из номера особо не выходили, тут джакузи, ну, понимаешь :))) все волшебное, наверное, останемся на понедельник, когда еще удастся так повеселиться, планирую еще восемь оргазмов, открой мои заметки, не помню, назначен ли у меня клиент на понедельник, чмоки, Эмбер.

Сообщение 2. Солнышко, прикрой меня на работе, я потом объясню, не доберусь до офиса в понедельник, век буду благодарна, целую, люблю, Таня.

Сообщение 3. Дорогая Гермiona, мне очень неловко, но я совсем разболелся. Сказал бы об этом по телефону, но голос совсем сел. В понедельник пойду к врачу, не могла бы ты проверить мое расписание, кажется, есть клиенты. Мартин.

Глубоко вздыхаю. Я сердита на своих безответственных коллег, но и рада за них, мне смешно вспоминать их тайные взгляды и прикосновения друг к другу невзначай, и все эти улыбки, исполненные особого смысла. А часть меня (небольшая, но сильная) мучительно завидует их простым страстям и свободе их изъяснения. Я говорю себе, что все в порядке, офисный день пройдет нормально, лишь бы не было потока клиентов, с которыми мне придется иметь дело.

Офис-планировщик: Прием клиентов в офисе компании «СТЕНА» на понедельник, 6 мая 2041 г. — записано 5 человек, в 10.00, 12.00, 13.30, 16.20 и 18.00.

Черт. Черт. Черт.

— Как видите, иллюзия пространства проработана до мелочей, — говорю я в четвертый раз за день, проводя последнего клиента в демозал и стараясь не хромать. «16.20» позвонил и перенес на следующую неделю, но так как был вот этот, на шесть, домой пораньше уехать не удалось. Время провела с пользой: лепила концепт для частного детского сада — Стена Муми-Троллей, прелесть что такое, особенно Снусмумрик выходил как живой. Но очень устала, соскучилась по домашним, и нога опять разболелась.

Доктор Артур Уилсон идет по залу, словно зачарованный. Я прислоняюсь к колонне, переношу вес с левой ноги, улыбаюсь. Необыкновенное зрелище — человек,

Талант лепить концепты. Талант вызывать к существованию несуществующих сущностей.

Талант видеть и любить тех, кого нет.

Но разве это — тема для ужина с милым и умным голубоглазым доктором, который так смотрит на мои губы? Я отнимаю руку и вежливо отказываюсь.

Э-кар везет меня домой. Я так устала, что даже тихо постанываю. Потом громче, когда вспоминаю, что дома нечего есть и Джошуа специально напоминал мне про магазин.

— Остановись у Теско, чтоб его! — говорю я в потолок.

— Повторите направление, — говорит кар строгим женским голосом. Я повторяю, ругаясь теперь только про себя.

С тележкой идти легче — можно перенести часть веса на колеса и волочить ноги. Я беру пачки с полок, прижимая этикетки платежным кольцом. Потом замираю.

Я держу в руках желтую пачку «кокопопсов» с ненавистным кроликом, который крупными буквами предлагает выиграть поездку в Парижский Диснейленд (*на два дня для семьи максимум из четырех человек*).

Я кричу, и бросаю пачку на пол, и топчу ее своим протезом, она лопается, и коричневые хлопья разлетаются по белому мрамору, я поскользываюсь на них и падаю, выворачивая искусственную ступню.

У меня была, была семья минимум из четырех человек, и максимум из четырех человек, и мы ехали, безо всяких кроликов ехали на два дня в гребаный Диснейленд на гребаном монорельсе, и Хлоя бегала по вагону и восторженно пищала третий час, а мы с Джошем переглядывались и улыбались, а Зак заснул в кресле, обнимая Серого Мыша, и вот тогда гребаный машинист решил не тормозить на гребаном повороте, и вот вам, получите вместо Диснейленда гору мяса, и, конечно, нельзя выбрасываться с балкона хирургии, и вешаться в туалете тоже не стоит, вот мы тебя привяжем к кровати и сделаем укольчик, ну и как мы сегодня, за окном солнышко?

Ко мне бежит растерянный охранник — он не привык к истерическим срывам и конфликтным ситуациям, поэтому и не знает, что со мной делать. За ним бежит менеджер — это Келли, мы дружили в детстве, ее дочка была с Хлоей в одном классе, она что-то ему говорит и бросается ко мне.

— Ш-ш-ш! — говорит она, садится на пол и обнимает меня, гладит по спине, как маленькую. А я все норовлю пнуть желтую пачку хлопьев здоровой ногой. — Ш-ш-ш, успокойся! — говорит она, а сама плачет. А я не плачу. Больше нечем.

Она отводит меня на парковку, помогает залезть в кар. Пакеты с покупками уже лежат в салоне, принесенные заботливым охранником.

— Спасибо, — говорю я, не глядя на нее. Не могу себя заставить посмотреть ей в глаза. Она понимает, гладит меня по руке и дает кару команду «домой».

Э-кар паркуется с мягким толчком. Я почти выползаю из салона, оставляю в нем все пакеты, кроме главного — с водкой. На крыльце сидит моя свекровь Мэри, смотрит в никуда.

Ее бывший муж, отец Джошуа, проклял наш дом и меня лично страшным проклятием за ужасное надругательство над памятью и богопротивное... бла-бла. Сказал, что на милую к нам не подойдет. Но Мэри приезжает раз

в неделю, иногда чаще. Всегда без звонка, всегда виновато, как будто приходит за чем-то постыдным, но без чего не может. Как будто я ее дилер.

— Ну чего ты, постучалась бы, Джошуа бы открыл, — говорю я.

Мэри вздрагивает и морщится от того, что я называю систему управления домом и главный персонаж моей Стены именем ее сына. Но она не может перестать хотеть его видеть, не может перестать хотеть испытывать мою иллюзию. Дверь открывается, как только сенсор на входе замечает меня.

— Мама! Бабушка! — Зак и Хлоя бегут к нам по Стене. Уже поздно и они в пижамах. Из комнаты выходит Джош, улыбается нам.

— Можно? — спрашивает Мэри. Я киваю. Уложи их спать, бабушка. Сядь и спой колыбельную двум картинкам на стене, мальчику и девочке.

— Спокойной ночи, мамочка, — говорит Хлоя. — Я тебя так ужасно люблю.

— Обнимайка! — Зак идет на меня, раскинув руки, как медвежонок. Я закрываю глаза, присаживаюсь в тактильную зону, обнимаю его крепко-крепко. Они убегают, топоча по лестнице. Мэри идет за ними медленно, тяжело поднимаясь на каждую ступеньку.

В комнате я падаю в кресло, отстегиваю протез, поднимаю ногу на другое сиденье. В той части комнаты, которая в Стене, рядом садится Джошуа.

— Выглядишь устало, — говорит он.

Я киваю, отвинчиваю крышку с бутылки водки, делаю большой глоток прямо из горла. Морщусь. Жду расслабляющего тепла.

— Сама элегантность, — говорит Джош насмешливо, но нежно. — Продукт многих поколений настоящих английских леди. Что, такой тяжелый день?

— Ага, — говорю я. — Ты бы меня взял и отнес наверх на ручках, вот было бы хорошо.

— Я бы отнес, — кивает он. — Но мы не то чтобы в одном измерении.

— Нуда. Никакого тебя нет в моем измерении. Никого тут нет.

— Доктор Артур Уилсон есть, — говорит Джошуа с улыбкой. Я аж подпрыгиваю в кресле. — Он звонил шестнадцать минут назад. Оставил очень заинтересованное сообщение. Послушаешь?

Я мотаю головой. Нет, нет.

Сверху спускается Мэри, заходит в комнату проститься. Она немного дрожит и смотрит на Джошуа голодными измученными глазами, как будто она ползет по пустыне, а он — водяной столб. Когда дверь за ней закрывается, Джошуа поворачивается ко мне.

— Когда-нибудь ты нас выключишь, — говорит он. — И пойдешь дальше.

Я опять мотаю головой. Нет, нет. Никогда.

— Иди в спальню, — говорит он. — Спорим, я тебя обгоню?

— Мое сердце бьется только для тебя, — говорит он, покусывая мою шею. — Помнишь нашу старую песню?

— Оно не бьется, — говорю я, упрямая, вместо того, чтобы отдаться потоку, отдаться иллюзии, отдаться Джошуа. — Его разрубило обрезком обшивки вагона, потом оно сгорело в крематории вместе с кусками наших детей, потом пепел ссыпали в урну, а урну я замуровала в Стену. — Оно не бьется, и ты не настоящий.

Он пожимает плечами. Тактильная зона здесь, в спальне, имитирует запахи, разброс небольшой, но они есть. Его тело и дыхание пахнут мятой.

— Что есть реальность? — спрашивает он, нависая надо мной на выпрямленных руках. — Где настоящая ты? Как ее можно узнать? Знаешь ли ее ты сама? Знал ли Джош настоящую тебя? Или только ту, что ты сама для него рисовала? Выдавала ему по кусочку — в словах, в жестах, в прикосновениях?

Он начинает двигаться ритмично, мое дыхание учащается.

— Откуда ты знаешь, что из этих разрозненных, неполных кусочков он склеивал правильную картинку? Что, если бы ситуация была наоборот и он бы написал *твой* концепт, ты бы себя узнала и признала собой? Что, если нет? Что, если да?

Почти помимо моей воли мое тело выгибается, пальцы сгибают край простыни. Чего уж там, этот Джошуа, вылепленный из латекса, графена и полишелка сенсорами тактильной зоны и программы Стены, куда эффективнее моего Джошуа, из плоти, крови и кожи. Он не устает, не опадает, не сбивается с ритма, у него нескончаемая stamina и пятнадцать интимных режимов, выбираемых автоматически по отслеживанию обратной реакции. Он все всегда делает как надо.

— Опять ты плачешь, — говорит он чуть огорченно.

— После соития всякая тварь грустна, — отвечаю я.

— *Post coitum omne animal triste est*, — переводит он. Я с беспокойством думаю, что Джош не знал латыни, а значит, и этот не может. Откуда же?

Он улыбается.

— Я не грустен.



ФАНТАСТИКА

— Ты и не тварь. Ты... никто. Сомнительный никто с подозрительно быстрой обучаемостью.

Он целует меня, садится, улыбаясь.

— Как же не тварь? — говорит он. — Ты меня сотворила. Все вы друг друга сначала творите, а потом любите.

— Я так по тебе скучаю, — говорю я. — Уходи. Я хочу снять маску и спать. Иди опять в Библиотеку Конгресса и читай тома по психологии, возможно, на латыни, ты ведь это делаешь, когда уходишь?

— Я это делаю прямо сейчас, — ухмыляется он, — я нелинеен.

Нелинейный Джошуа целует меня в щеку, встает с кровати и уходит в Стену. Лунный свет играет на мускулах его плеч и ягодиц.

Я снимаю маску и лежу одна в темноте.

Еще не сплю. Уже не плачу. Просто смотрю.



**23-28 апреля
2015**

Ежегодный международный студенческий форум «ChemCamp 2014»

Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова

Реальные химико-технологические задачи
для команд из пяти человек

Личное состязание по решению задач
на смекалку и научную эрудицию

Кейсы от крупных компаний (при поддержке
Клуба бизнес-кейсов МГУ)

Встречи с представителями химических
и нефтехимических компаний

Участие в форуме бесплатное, иногородним
участникам, по возможности,
предоставляется общежитие.



Регистрация
уже открыта!

Победители получают **ценные призы**.

Расписание отборочных (заочных) этапов:



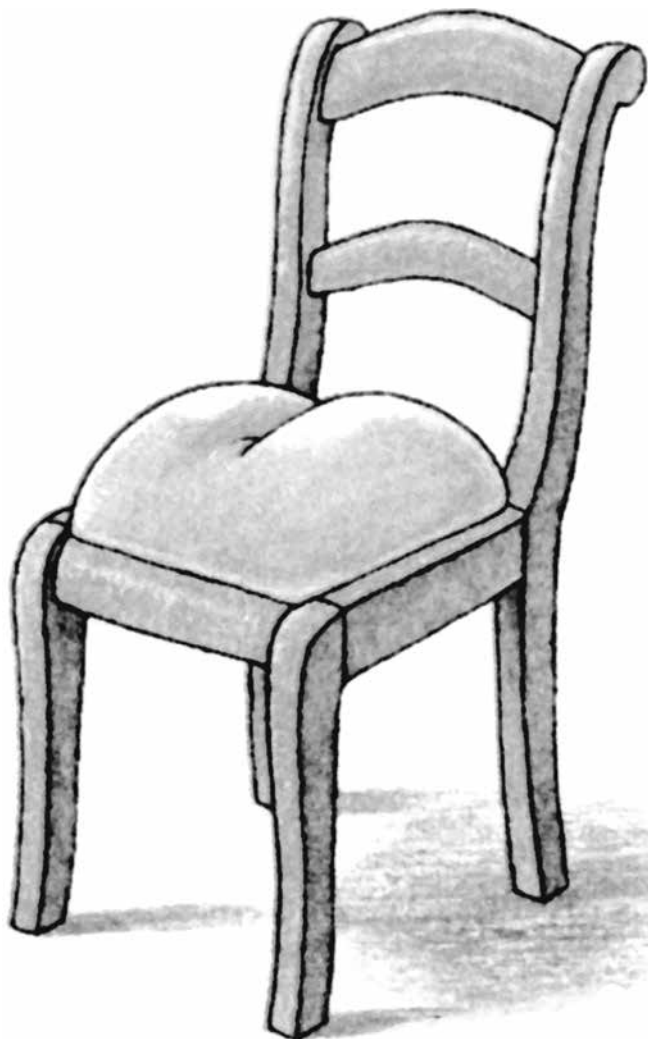
Зарегистрироваться и узнать подробности:
ChemCamp.ru

Задать вопросы: vk.com/chemcamp

Телефон: +7 (916) 0567 000, Лёкина Юлия

E-mail: info@chemcamp.ru

Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3



Художник Андреас Мюллер

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Не сиди перед телевизором

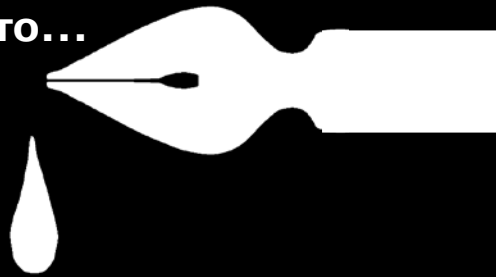
Хорошо известно, что сидяче-лежачий образ жизни не способствует доброму здоровью, и ученые добавляют к безрадостной картине все новые подробности. Исследователи из университетов Сарагосы и Сан-Паулу во главе с Аугусто Сесаром де Мораэсом занялись детьми в возрасте 2—10 лет. Два года они следили за здоровьем 5500 малышей из восьми стран Евросоюза (агентство «AlphaGalileo», 25 февраля 2015 года). А подводя итоги, ужаснулись: у 110 из тысячи было повышенное давление, которое в будущем может привести к серьезным сердечно-сосудистым заболеваниям, например ишемической болезни сердца.

Где же главное зло? Прямо перед глазами: риск развития высокого давления возрастает на 30%, когда ребенок проводит перед экраном более двух часов в день. Причем не важно, перед экраном чего — телевизора, компьютера или игровой приставки. А если ребенок еще и менее часа в день занимается физическими упражнениями, то риск увеличивается на 50%.

Рекомендации банальны: проводить возле экрана не более двух часов, а сэкономленное время потратить если не на спортивные игры, так хотя бы на пешие прогулки. Почему к таким простым советам никто не прислушивается — этот вопрос остался за рамками исследования.

С.Анофелес

Пишут, что...



...сильная засуха 2007—2010 года, отчасти спровоцировавшая конфликт в Сирии, была вызвана человеческим фактором («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2015, doi:10.1073/pnas.1421533112)...

...неясно, удастся ли использовать графен для создания электрохимических конденсаторов; последние попытки в этом направлении оцениваются критически («Nature Materials», 2015, 14, 271—279, doi:10.1038/nmat4170)...

...некоторые бактерии обмениваются питательными веществами напрямую, с помощью нанотрубок, соединяющих клетки («Nature Communications 6», 2015, 6238, doi:10.1038/ncomms7238)...

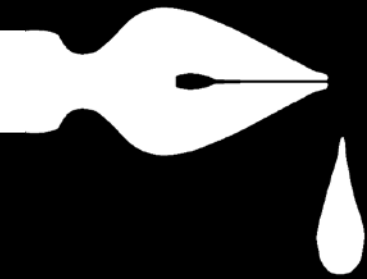
...женщины приходят в себя после острого инфаркта дольше и тяжелее, чем мужчины, поскольку они изначально более склонны к психологическому стрессу («Circulation», 2015; doi: 10.1161/CIRCULATIONA.114.012826)...

...при экспериментальном исследовании температурного режима тканей женских молочных желез впервые обнаружено наличие в них периодических тепловых волн, пространственно-амплитудный рельеф которых может маскировать соответствующий рельеф опухоли («Биофизика», 2015, 60, 1, 173—175)...

...создан прототип олигонуклеотидного микрочипа, способного выявлять патогены только I группы, в частности Ebola, в основе которого — анализ аминокислотных последовательностей вирусных белков с последующим перекодированием выявленных уникальных пептидов в наборы олигонуклеотидов («Биоорганическая химия», 2015, 41, 1, 54—66)...

...промышленные образцы эфирных масел и экстрактов гвоздики и душистого перца обладают очень высокой антирадикальной эффективностью, существенно превышающей эффективность синтетического фенольного антиоксиданта ионола («Прикладная биохимия и микробиология», 2015, 51, 1, 93—98)...

...исследованы гены, отвечающие за адаптацию тибетского кабана к жизни в горах высоко над уровнем моря, а также его отличия от домашней свиньи («Nature Genetics», 2015,



47, 188—189, doi:10.1038/ng.3197 и другие материалы этого номера)...

...сороки тибетского подвида *Pica pica bottanensis* строят громадные ночевочные гнезда на 8—10 птиц из нескольких соединенных вместе небольших гнезд, похожие на пчелиные соты («Зоологический журнал», 2015, 94, 90—105)...

...проведено моделирование сейсмического отклика от падения на грунт капли воды, измерен уровень и проанализирован спектр вибросигнала; эти данные можно использовать для снижения уровня шума, вызванного осадками («Акустический журнал», 2015, .61, 1, с.101—105)...

...слухи о том, что на зеленом салате есть листерии, устойчивые к антибиотикам, преувеличены: в Малайзии таких бактерий обнаружить не удалось («International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health», 2015, 5, 2, 137—150, doi: 10.1504/IJFSNPH.2015.067562)...

...создана генно-модифицированная кишечная палочка, синтезирующая белок, из которого можно сделать адсорбент для извлечения палладия из сточных вод («RSC Advances», 2015, 5, 20276—20282, doi: 10.1039/c4ra16200e)...

...у мышей, получавших с водой обычные эмульгаторы, широко используемые в пищевой промышленности, — карбоксиметилцеллюлозу и полисорбат-80, развивались ожирение и нарушения метаболизма («Nature», 2015, doi:10.1038/nature14232)...

...традиция давать имена лабораторным животным снижает стресс для подопытных, но может помешать объективному анализу данных («Science», 2015, 347, 6225, 941—943, doi: 10.1126/science.347.6225.941)...

...воздействие в течение часа магнитного поля с параметрами резонанса для ионов калия приводит к значительному снижению активности пищеварительных ферментов слизистой оболочки кишечника караса; аналогичные процессы наблюдаются и при инверсии геомагнитного поля («Известия РАН. Серия Биологическая», 2015, 1, 70—76)...

...в ближайшие два года будет выполнена трансплантация человеческой головы («New Scientist», 2015, 3010, 10—11)...

Художник Андреас Мюллер



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Как правильно просить деньги

«Дай миллион, дай миллион...» — с такой просьбой обращался Паниковский к подпольному миллионеру Корейко. Миллион ему не дали — успех компании принесла папка с компроматом, по крупницам собранным великим комбинатором. Просьба дать денег на несчастных немецких детей, обращенная к профессору Преображенскому, также не увенчалась успехом. Однако многим все-таки удается получить финансовую помощь — от спонсоров, благотворительных организаций и просто от сердобольных прохожих. В чем же секрет успеха?

Американские исследовательницы из Йельского и Северо-Западного университетов во главе с Дженифер Ставари пришли к выводу: для успеха надо сравнивать просимую сумму с чем-то ненужным, что мы приобретаем для удовольствия, а не для пользы («Journal of Marketing Research», 2015, LII, 1, 27—38; <http://dx.doi.org/10.1509/jmr.13.0244>). Они поставили семь разных опытов, в том числе и прямые эксперименты со сбором милостыни. Добровольцам раздавали деньги, а те, в свою очередь, должны были отдать их на благотворительность либо не отдавать. Каждому участнику такого эксперимента давали карточку с просьбой пожертвовать на нужды ЮНИСЕФ от одного до пяти долларов в разных опытах. На трети карточек было сравнение просимой суммы с каким-то ненужным товаром, из тех, что покупают для удовольствия, например сообщалось, что на эти деньги можно купить пинту мороженого или скачать популярную песню из Сети. На другой трети сравнение шло с полезным товаром — тюбиком зубной пасты, скачиванием лекцию по электромагнетизму... На остальных никакого сравнения не было. Результат же был ошеломляющий: первая треть карточек принесла в два раза больше денег, чем вторая и третья!

В качестве объяснения психологи выдвинули такую гипотезу. Человек жертвует на благотворительность, чтобы повысить самооценку. И одно дело, если он отказывается жертвовать сумму, на которую может купить какую-то приятную безделицу, но совсем другое — когда приходится расстаться с деньгами, на которые можно купить столь полезную лекцию по электромагнетизму. В первом случае муки совести будут сильнее, человек покажется себе более эгоистичным, а во втором есть прекрасное оправдание. Внутренний голос, говорящий: «Вот не хватит тебе денег, и завалишь экзамен», звучит более убедительно, чем: «А как же мороженое?» Авторы работы, правда, отмечают, что предмет роскоши для одних может оказаться жизненной потребностью для других, поэтому, составляя просьбы о вспомоществовании, нужно помнить поговорку: «У кого щи жидкие, а у кого жемчуг мелковат».

А.Мотыляев

«Химия и жизнь», 2015, № 3, www.hij.ru



Т.П.ЛАЗАРЕВОЙ, Томск: Выбор лака для изделий из пластика — дело тонкое; если нет фирменного, то, возможно, подойдет акрилполиуретановый лак для дерева, не содержащий латекса.

В.В.БУТКО, Москва: Пигмент хлопчатника госсипол входит в состав не только противовирусного препарата кагоцела, но и многих других лекарств, уникального вреда от него не происходит, если не нарушать дозировку; другое дело, что противовирусные свойства кагоцела, насколько нам известно, не доказаны строгими клиническими исследованиями.

О.В.ГОЛУБ, Красноярск: И медицинский спирт, и качественную водку можно использовать в качестве базы для самодельных духов, но если вы ощущаете их собственный запах и он вам категорически не нравится — остаются варианты с масляными и масляно-восковыми основами.

П.В.КОНСТАНТИНОВУ, Мытищи: Некоторые советы по биотехнологии для начинающих можно найти в Сети, см. например <http://practice.biotechnolog.ru>.

С.Н.МУРАВЬЕВУ, Москва: Смартфон рекомендуют протирать салфеткой из микрофибры, при сильных загрязнениях — смочить ее кипяченой или дистиллированной водой; считается, что обычная ткань оставляет на экране царапины.

Г.Н.СТРЕЛЬБИЦКОЙ, Санкт-Петербург: Приправа сумах — красный порошок из незрелых плодов сумаха дубильного *Rhus coriaria* — не имеет отношения к растению с говорящим названием *Toxicodendron radicans*, или сумах ядовитый.

Р.И., Казань: Спасибо, но все-таки золотое сечение в строении атомов просматривается с большим трудом.

С.А., электронная почта: В состав средств для чистки сантехники обычно входит соляная кислота, поэтому наносить их на металлические поверхности категорически не рекомендуется; кстати, что-то в этом роде наверняка было написано на флаконе..

Гармония из хаоса

В последние годы размножились гипотетические концепции, пытающиеся охватить и понять совокупность всего, что существует, а именно космос. Поочередно и параллельно возникали различные космогонические варианты, как, например, Поливерсум, называемый также Мультиверсум, то есть скопление вселенных, которое выросло словно гроздь мыльных пузырей, выдуваемых из соломки. Появилась также идея космосов, появляющихся последовательно друг за другом, и тем самым представили время, которое как будто бы возвышается над поочередно возникающими и проходящими универсами. Здесь в качестве простейшей модели напрашивается нитка жемчуга. Самая модная вариация, любимая космологами, — это плоские миры, путешествующие рядом друг с другом, параллельно, словно мембраны, и потому называемые сокращенно бранами. Когда одна такая брана сталкивается с другой, тогда и возникает вселенная, подобная нашей.

Однако ненасытным космогоникам всех этих вариантов было еще недостаточно, пока наконец один математически подкованный физик Стивен Вольфрам не выступил с новой теорией. Ее можно изложить кратко: «Космос — это компьютер». Причем компьютер с программой, работу которой Вольфрам моделирует, пользуясь методами «теории клеточных автоматов». По сути, дело происходит так, что первоначально хаотически разбросанные клетки проявляют склонность к постепенному объединению в организованные формы. Приходится принять предположение, что возможно многообразие таких «компьютеров-космосов», которые генерируют системы и подсистемы различной формы и рода, вплоть до жизнеподобных форм.

Идею, лежащую в основе этой гипотезы, нельзя назвать абсолютно новой, поскольку известно, что различные стихийно разбросанные материальные элементы с течением времени имеют склонность к созданию упорядоченных структур. Критики Вольфрама говорят, что столь простым методом нельзя объяснить все события и явления в любых масштабах, поскольку, например, комбинирование музыкальных ключей, нотного стана, а также нот даже за миллиарды лет никогда не сгенерирует нам мазурок Шопена. Если бы даже в каком-то микроскопическом объеме воздуха его атомы сложились в партитуру, то сразу же вновь разлетелись бы в абсолютный беспорядок. Излагая вышесказанное, я вспомнил, не без улыбки, мой шуточный рассказ («Путешествие шестое, или Как Трурль и Клапауций Демона Второго Рода создали, дабы разбойника Мордона одолеть». — Примеч. ред.) из книги «Кибериада», где речь идет об осмысленных предложениях, которые возникают благодаря абсолютно случайным столкновениям атомных частиц, но сразу же распадаются в абсолютные бессмысленности.

Lem S., *Ład z chaosu*. — Przegląd (Warszawa), 2002, № 30

Вопрос

Писать о развитии науки не очень-то сложно, если ограничиться просмотром одного из серьезных научных периодических изданий вроде «American Scientist», «New Scientist» «Science et Vie» или, наконец, российской «Природы». Трудности в представлении событий на научном фронте множатся, однако в геометрической прогрессии, если мы увеличиваем число выписываемых журналов. Правда, это не является ситуацией осла Буридана, который погибал от голода, стоя между двумя кормушками, одна из которых была наполнена овсом, а другая — сеном. Дело в том, что таких кормушек, или скорее глубоководных колодцев, наполненных новейшими научными открытиями, очень много, и они зачастую кардинально отличаются друг от друга.

В номере «New Scientist» от 7 октября 2000 года я узнаю, что большинство лекарств, выброшенных на фармацевтический рынок, — ничто по сравнению с определенным видом меда, который оказался абсолютной панацеей. Что новейший ускоритель элементарных частиц, находящийся в разработке, может вырабатывать необычайно удивительные частицы, которые будут постепенно пожирать нашу планету. Что расширение водных пространств в результате таяния ледника на Северном полюсе, то есть одно из проявлений глобального потепления, несет с собой — парадоксально — угрозу похолодания климата Центральной Европы, в том числе и Польши. Что уже есть угроза подрыва международных соглашений, которые должны были исключить использование атомного оружия в конфликтах между государ-



НЕИЗВЕСТНЫЙ ЛЕМ

ствами, поскольку в Соединенных Штатах ведутся работы над созданием ядерных снарядов, которые, образуя нечто вроде ядерного штопора, ввинчиваются в земную кору, разыскивая глубоко спрятанные бункеры врага: по мнению одних специалистов, такие ядерные снаряды противоречат существующим договоренностям, по мнению других — сложно придумать что-нибудь более благородное и полезное.

Дойдя до седьмой странице вышеуказанного еженедельника, мы узнаем, что стойкие клетки нашего организма, являющиеся основой и щитом иммунной системы, могут под влиянием некоторого вида вирусов превратиться в наших смертельных врагов. На одиннадцатой странице появляется необычайно обнадеживающая всех обладателей автомобилей информация о том, что существует специальный фильтр, изобретенный инженерами из Австралии, который может превращать выхлопные газы автомобиля в безвредные соединения, а при повышении температуры до пяти тысяч градусов даже вырабатывать алмазы. Мысль об автомобилях, из выхлопных труб которых сыпались бы драгоценные камни, кажется в первый момент довольно соблазнительной. Палеонтологи утверждают, что каких-то сто миллионов лет назад по Южной Америке разгуливали так называемые аргентинозавры, весящие по сто тонн! Почему раньше по материкам прогуливались стотонные существа, а сегодня, даже очень переевши, ни один слон больше семи тонн достичь не может?

И так, страница за страницей, приходится нам узнавать о менее или более сенсационных открытиях. Ученые рассказывают нам о внутренних органах свиней, уже ожидающих нас на переднем крае медицины, как о будущих составных частях организма человека, и поэтому мы должны уже заранее удерживаться от необузданного потребления мяса этих животных. Дальше нас пугают растущей во Всемирной сети, то есть в Интернете, лавиной информации, переполняющей и блокирующей серверы. Хотя при этом и вспоминается о небольшой надежде, которую дают так называемые

генетические алгоритмы, используемые при пополнении сетевых бассейнов информационными Гималаями.

К сожалению, это не все. Эти заметки я пишу 13 октября в пятницу, может, поэтому в очередной статье английских специалистов в области радиационной дозиметрии нам угрожают побочными эффектами действия противосолнечных фильтров, которые в самом деле защищают нас от вредного воздействия ультрафиолетовых лучей, но при этом чем-то вредят нашим организмам.

Фатальные новости нас ожидают и в области темной космической материи, также ничего хорошего не могут сказать нам исследователи состояния нашего Солнца, которое в любую минуту может погаснуть. Одним словом, если кто-то смог еще до конца света прочитать эти слова, то его следует признать счастливым человеком.

У меня создается тревожное впечатление, что все большее число ученых в мире, увеличивающееся пропорционально росту населения Земли, пытается любой ценой обратить на себя свет прожекторов, выдумывая концепции на грани дешевой science fiction и преподнося их как результаты глубоких научных размышлений. Один мудрец, фамилии которого я не назову из вежливости, написал, что огромные динозавры, будучи вегетарианцами, были вынуждены ежедневно съедать много тонн растений, ферментирующихся в их внутренностях. Они выделяли метан, который способствовал образованию озоновых дыр в атмосферной оболочке Земли.

Не знаю кто, каким образом и зачем научил собак махать хвостами в знак того, что они нас любят. Однако как только я узнаю ответ на этот мучающий меня вопрос, тотчас же сообщу об этом читателям.

Lem S., Co Pan na to, Panie Lem? (Odnosze wrażenie, że coraz więcej uczonych...) [Pytanie]. – Przegląd (Warszawa), 2000, Nr. 45.

Перевел с польского Виктор Язневич



АНАЛИТИКА ЭКСПО

13-я Международная выставка
лабораторного оборудования и химических реактивов

14 – 17 апреля 2015 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

Более 6000 посетителей

Свыше 250 участников



Забронируйте стенд на сайте

www.analitikaexpo.com

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ ЛАБОРАТОРИЙ

Организатор:



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

Соорганизаторы:

