



К

4
2014

ИЗЖ И ВИИИХ





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

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

Редакторы и обозреватели

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

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 3.04.2014

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 —
«Вавилонская башня» из часослова герцога и герцогини Бедфорд. Необходимо соблюдать строгую последовательность шагов при строительстве любого про-
странственного объекта. Читайте об этом в статье «Вода планет».

*Спутник
никому не интересен
до тех пор,
пока не начал падать.*

Из заметок фенолога

Содержание

Событие			
ВСПЛЕСКИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПРИБОЯ. О.О.Фейгин			2
Нанофантастика			
КРЫЛЬЯ. М. и Г. Грук			5
Проблемы и методы науки			
ВОДА ПЛАНЕТ. С.М. Комаров			6
А почему бы и нет?			
МЕСТОРОЖДЕНИЯ С НЕБЕС. А.А.Биршерт.....			12
Проблемы и методы науки			
КАК РАССЧИТАТЬ СВЕРХПРОВОДНИК. Алексей Колмогоров.....			16
Технологии и природа			
ГРЯЗНЫЙ НОУТБУК, ИЛИ ТАЙНА «ЧИСТОЙ» ТЕХНОЛОГИИ. В.В.Панюшкин			20
Наука и общество			
В ЗЕРКАЛЕ ПАТЕНТНОЙ СТАТИСТИКИ. В.Г.Зинов, Г.В.Эрлих			26
Проблемы и методы науки			
КЛЕТОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОТИВ МОРЩИН. А.И.Зорина, В.Л.Зорин			30
Тематический поиск			
ЧТОБЫ БЫТЬ КРАСИВОЙ... Е.Клещенко, С.Фролова... ..			34
Расследование			
СКАЗКИ О БИОРЕЗОНАНСЕ. Д.А.Рогаткин.....			36
Проблемы и методы науки			
МЫСЛИ БЕЗ СЛОВ. Н.Л.Резник			41
Книги			
КТО ВЕДЕТ НАС, КОГДА МЫ ВЕДЕМ СЕБЯ? Д.Ф.Августинович			46
БОРЬБА С ОФИЦИОЗОМ. К.Г.Михайлов			48
Что мы едим			
СОСИСКИ. Н.Ручкина.			52
Фантастика			
ГОСПОЖА ТРЕНОГА. Екатерина Медведева.....			54
Прогулки по истории химии			
АТОМЫ, МЕЧЕННЫЕ ДЬЁРДЕМ ХЕВЕШИ. И.А.Леенсон			64
<hr/>			
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	14	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
<hr/>			
ИНФОРМАЦИЯ	29	ПИШУТ, ЧТО...	62
<hr/>			
КНИГИ	51	ПЕРЕПИСКА	64
<hr/>			

Всплески гравитационного прибора



О.О.Фейгин

Слева — телескоп BICEP2

Теория Эйнштейна предсказывает, что тела, движущиеся с переменным ускорением, будут излучать гравитационные волны. Гравитационные волны являются распространяющимися со скоростью света переменными полями приливных гравитационных сил. Такая волна, падая, например, на пробные частицы, расположенные перпендикулярно направлению ее распространения, вызывает периодические изменения расстояния между частицами. Однако даже в случае гигантских систем небесных тел излучение гравитационных волн и уносимая ими энергия ничтожны.
И.Д.Новиков. Черные дыры и Вселенная

Антарктическая сенсация

В марте 2014 года астрофизики, возможно, обнаружили давно разыскиваемый след физического явления, которое более столетия ускользало от них, причем порой буквально из-под носа. Речь идет о гравитационных волнах, точнее, реликтовых волнах, оставшихся от начала Вселенной. Отпечаток едва различим, сам он находится на другом отпечатке — реликтовом излучении, запечатлевшем детали Большого взрыва. Открытие сделано в одной из самых необычных обсерваторий Земли, расположенной на антарктической станции «Амундсен — Скотт», в рамках Международной программы Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики «Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization» (BICEP). Крайне сухая холодная атмосфера способствует высокой точности приборных наблюдений — вот почему в антарктических льдах работает не один астрофизический детектор. Прибор BICEP предназначен для исследования реликтового излучения, чьи фотоны путешествуют по Вселенной с тех пор, как она стала прозрачной (см. «Химию и жизнь», 2006, № 11). Он измеряет поляризацию этих фотонов, которая, в частности, зависит от гравитационных волн, порожденных Вселенной в первые 10^{-35} с после ее появления. До сих пор, глядя на эту поляризацию, получен-

ную другими методами, например с помощью орбитальной обсерватории «Планк», астрофизики только давали оценку верхней границы величины поляризационного эффекта от реликтовых гравитационных волн. Наблюдения же из Антарктиды дали точное значение, то есть непосредственно была измерена поляризация от гравитационных волн, что дало возможность физикам-теоретикам испытать настоящую творческую эйфорию: в квантовой космологии существует множество сценариев объясняющих различные вариации интенсивности реликтовой гравитации. Теперь начнется соревнование в получении экспериментальных результатов, подобных тем, что добыл коллектив BICEP. С другой стороны, сразу же после первых сообщений с антарктической астрофизической обсерватории стали возникать скептические комментарии. Чаще всего приводят примеры иных экзотических астрофизических процессов, способных объяснить эффект. Особенно бурно обсуждают новое космологическое открытие на просторах Интернета. Чего стоит один факт, что измеренное значение оказалось гораздо больше той верхней границы, что дала обсерватория «Планк». Наверное, авторы работы учтут эту критику при подготовке научной статьи о своем открытии — пока что о нем можно судить по пресс-релизам, комментариям и публикациям

в нецензурируемых источниках вроде arXiv.org, где появляется по несколько электронных статей в день. Разумеется, проверка, осмысление, компьютерное моделирование и использование данных BICEP потребуют определенного времени. Скорее всего, первые общепризнанные результаты и модели появятся не ранее чем через год-два, когда будут выполнены и другие измерения.

Дрожь пространства-времени

Гравитационные волны, эти загадочные порождения поля всемирного тяготения, возникли столетие назад на использованном почтовом конверте. Так небрежно Эйнштейн записывал идеи, случайно пришедшие в голову. Когда создатель теории относительности обнаружил формулу для гравитационных волн, никто не сомневался, что вскоре экспериментаторы откроют новые удивительные свойства пространства-времени. Однако крепкий орешек «гравитационного прибора Вселенной» никак не поддавался усилиям ученых. Правда, изредка появлялись сенсационные заявления об очередном открытии. Увы, ни одно из них не нашло подтверждения, как и сообщения о многих других чудесах, связанных с гравитацией: различных проявлениях левитации, антигравитации и всяческих «гравитацах». Между тем количество попыток открыть «дрожь пространственно-временной матрицы» не уменьшается, скорее, наоборот. Возникло полуофициальное направление экспериментальной астрономии — гравитационно-волновая астрофизика, и эта новая область уверенно делает первые шаги, опираясь на многочисленные косвенные данные о гравитационном колебании Космоса.

Когда-то выдающийся французский математик и натурфилософ Пьер Симон Лаплас, отстаивая жесткую связь между всеми элементами мироздания, заметил, что даже взмах руки влияет на движение звезд. Современный физик мог бы сказать по-другому: «Взмахните рукой — и по всей Вселенной побегут гравитационные волны». Теоретически это так, но их регистрация составляет труднейшую техническую проблему, ведь энергия гравитационных «приливов» и «отливов» на 40 порядков уступают тем же электромагнитным волнам!

Какова природа волн гравитации? Вспомним, что, согласно общей теории относительности, тяготение возникает из-за искривления массивным телом пространства-времени. Если представить пространство в виде упругой резиновой пленки с ямками от массивных «шариков» звезд, то их колебания вызовут вибрацию всей пленки. Образно это можно назвать волновой рябью пространства-времени. Даже такая простейшая «резинопленочная» модель показывает, что нас неощутимо раскачивает «гравитационный

прибой». Правда, не всякое перемещение звезд может вызвать гравитационное излучение. Например, для испускания волн гравитации не годится вращение по симметричной орбите. В этом случае центростремительное ускорение также строго симметрично, и его гравитационное поле остается однородным, так что волны гравитации возникнуть никак не могут. А вот если взять коромысло с двумя очень большими массами и раскрутить в точке равновесия, то гравитационное поле такой бинарной (двойной) системы начнет изменяться пропорционально частоте вращения и от коромысла во все стороны побежит пространственно-временная рябь.

Попытки наблюдения

Для наблюдателя гравитационная волна представляет возмущение приливных сил, то есть точно так же, как сила притяжения Луны или Солнца заставляет вслучиваться водную поверхность Земли, образуя периодические приливы и отливы. Проходя между двумя телами, она их еле уловимо сдвигает и раздвигает с определенной частотой. Простейшее приспособление, которое могло бы зафиксировать таинственную гравитационную рябь пространства-времени, — это обыкновенный груз на пружинном подвесе, свободно колеблющийся с некоторой собственной частотой. Если она совпадет с частотой гравитационной волны, возникнет резонанс. В качестве пробных грузов на пружинке чаще всего используют громадные многометровые алюминиевые цилиндры толщиной около метра. В другом варианте устанавливают массивные зеркала, колебания которых измеряют с помощью лазерных интерферометров.

Ажиотаж вокруг поиска гравитационных волн поднялся в конце шестидесятых годов прошлого века, когда американский физик Джозеф Вебер опубликовал сенсационные данные, свидетельствующие о существовании космических волн тяготения. Алюминиевые цилиндры использовал именно он. Вебер был авторитетом в своей области, поэтому научный мир воспринял его сообщение с полной серьезностью, а искомые волны стали называть его именем.

Волны Вебера пытались зарегистрировать многие, в том числе выдающийся российский физик, член-корреспондент РАН В.Б. Брагинский. Однако ни точное копирование оборудования Вебера, ни новые системы детекторов не принесли каких-либо значимых результатов. К тому же теоретические расчеты, проведенные Владимиром Борисовичем, показали, что амплитуда гравитационных колебаний, якобы зафиксированных Вебером, в миллионы раз превышала теоретическую величину, следующую из теории тяготения Эйнштейна.

Вебер утверждал, что гравитационные волны пришли из закрытого пылевыми облаками ядра Млечного Пути, о котором

тогда было мало что известно. Сегодня мы знаем, что там действительно скрываются гигантские черные дыры — кандидаты в гравитационные коллапсары. Были предположения, что они поглощают сотни, а то и тысячи близлежащих звезд, выбрасывая при этом часть энергии в виде гравитационного излучения. Однако самые последние астрономические данные отрицают подобный космический каннибализм, хотя черная дыра там, похоже, есть. Таким образом, даже точная настройка на центр нашей Галактики ничего не дала, хотя отдельные астрофизики до сих пор продолжают эксперименты на детекторах «веберовского» типа.

Надо отметить, что сам профессор Вебер, сознавая трагизм ситуации (предложенная им программа продолжалась более десяти лет, причем один детектор был отправлен на Луну), даже под огнем критики — а его обвиняли и в методических ошибках, и в теоретических нестыковках — никогда не выражал сомнения в полученных им результатах. Научное же сообщество с ним не согласилось. Как бы то ни было, именно Вебера считают отцом-основателем современной гравитационно-волновой астрономии.

Миссия LISA и другие

Сегодня многие коллективы инженеров и физиков в США, Италии, Швейцарии, Германии и других странах успешно проектируют и строят системы датчиков гравитации, например, на основе лазерных интерферометров. В России такую антенну проектируют в НЦ «Дулкын» при АН Республики Татарстан. Принцип действия лазерных интерферометров аналогичен тому, что использовали Майкельсон и Морли в опытах по поиску эфирного ветра: два перекрещивающихся луча света. При пересечении лазерных лучей возникает интерференционная картинка, которая зависит от длины пути, пройденного этими лучами. Если на такую систему накатит гравитационная волна, то под ее воздействием начнет меняться длина пути луча. Сначала она станет короче в одном направлении и длиннее в другом, затем возникнет противоположная ситуация: картинка изменится. Частота ее изменения будет соответствовать частоте волны. Лазерные интерферометры обладают феноменальной чувствительностью и могут регистрировать волны в широком частотном диапазоне. В этом и их слабость — необходимо тщательно калибровать прибор, чтобы отместить все остальные колебания, вызванные, скажем, проезжающим мимо транспортом или изменениями температуры. Поскольку база интерферометра измеряется километрами, выполнить условия снижения помех нелегко.

Но ученые не собираются останавливаться на достигнутом и планируют создать уникальную космическую флотилию из нескольких автоматических зондов, оснащенных гравидетекторами на ос-

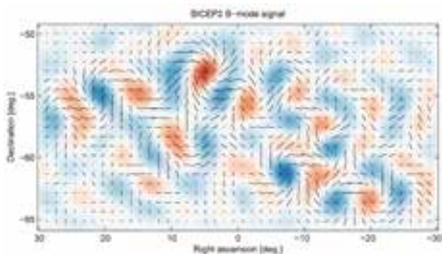


нове лазерных интерферометров. Речь идет о международном проекте НАСА и ЕКА, получившем название LISA (Laser Interferometer Space Antenna). Он предполагает в 2020 году запуск трех спутников, которые создадут интерферометр с плечом пять миллионов километров. Так могут быть не только детально проверены современные данные миссии ВИСЕР по космологическим гравитационным волнам, возникшим при рождении нашего мира, но и выявлено много интересного, происходившего 14,82 миллиарда лет назад (самая последняя оценка) в эпицентре Большого взрыва.

Впрочем, надежды гравитационно-волновой астрономии не связаны исключительно с космосом. В различных лабораториях строят криогенные детекторы, например в виде металлических сфер метрового диаметра, охлаждаемые практически до температуры абсолютного нуля. Предполагается, что на высоких частотах такие детекторы могут превзойти по чувствительности самые совершенные лазерные установки.

Между тем Метагалактику не зря в шутку называют «лабораторией для бедных». Космос порой предоставляет ученым уникальные возможности для исследования процессов, недоступных ни в каких лабораториях. Примером могут служить радиопульсары нейтронных звезд. Характерные размеры нейтронной звезды составляют десятки километров, а средняя плотность приближается к плотности атомных ядер, при этом кубический сантиметр весит тысячи тонн. Массы всех известных нейтронных звезд близки к массе Солнца. При такой плотности нейтронные звезды обладают чудовищной напряженностью поля тяготения. Поэтому если подобные радиопульсары будут вращаться со скоростью в тысячи оборотов за секунду, то потеряют осевую симметрию, и возникшее несимметричное тело будет излучать волны гравитации. Еще более мощным источником гравитационных колебаний должна быть двойная система нейтронных звезд. Астрономам встречаются такие феномены, делающие сотни оборотов в секунду при скорости движения, близкой к трети световой!

Из-за крошечного размера нейтронные звезды очень плохо видны, даже в большие телескопы, но во многих случаях наблюдаются как источники рентге-



Карта поляризации реликтового излучения, построенная телескопом BICEP2.

При отсутствии реликтовых гравитационных волн картина была бы гораздо менее яркой

новского излучения в тесных системах двойных звезд или пульсирующие радиосточники (пульсары). По современным представлениям, большинство нейтронных звезд образуется при взрывах сверхновых. Наряду с черными дырами нейтронные звезды являются конечной стадией эволюции звезд большой массы. Чаще всего гравитационные волны испускают двойные звездные системы, которых много в Метagalактике. С помощью космических гравитационных телескопов—интерферометров ученые надеются зарегистрировать волны тяготения, возникшие при поглощении черными дырами обыкновенных звезд.

Однако рекордсменами в испускании гравитационных волн должны быть системы из черных дыр. Массы таких систем могут превышать массы тех же нейтронных звезд в миллиарды раз. Особенно интересные эффекты возникают в случае быстровращающихся черных дыр.

Мощнейшим источником колебаний пространства-времени могли бы стать множественные системы из сверхмассивных черных дыр, скапливающихся в ядрах сильно взаимодействующих галактик. Например, когда-нибудь наш Млечный Путь столкнется с соседней Туманностью Андромеды, центральные черные дыры образуют единую систему и начнут сближаться, расходуя энергию на гравитационное излучение.

Может быть, со временем астрофизики найдут и способы фиксации коротких, очень мощных всплесков гравитационных волн, возникающих при вспышках сверхновых звезд.

Волны новорожденной Вселенной

Среди самых интересных источников гравитационного излучения выделяется космологический фон реликтовых волн тяготения. Интерес к ним связан с тем, что в 80-х годах XX века в космологии случилась революция: был пересмотрен сценарий начальных этапов развития Вселенной. После Большого взрыва Вселенная начала расширяться. Это давно признано всеми физиками, однако детали весьма значимые и обсуждаются до сих пор. В 1947 году Г.А.Гамов предложил модель горячей Вселенной, которая расширяется по адиабатическому закону: когда все изменение внутренней энергии идет на совершение работы, а

теплообмена с окружающей средой нет. Эта теория предсказала реликтовое излучение, но не смогла описать некоторые особенности строения Вселенной и, в частности, анизотропию этого излучения. Кроме того, в ней оказалась ловушка: при предсказанной скорости расширения Вселенная должна раздробиться на множество (порядка 10^{90}) причинно не связанных друг с другом фрагментов. То есть, на множество Вселенных, каждая со своими законами. В попытке избежать этого в 1979 году А.А.Старобинский (ныне академик РАН, а тогда – научный сотрудник Института теоретической физики АН СССР им. Л.Д.Ландау) предложил теорию инфляции, согласно которой Вселенная на начальном этапе, еще до появления вещества и излучения, расширится быстрее, чем в модели Гамова. Вскоре свою модель инфляции предложил и Алан Гут, работавший тогда в Массачусетском технологическом институте. Такой подход позволил решить некоторые проблемы, в частности открыл путь к тому, чтобы наблюдаемая Вселенная была однородной, то есть чтобы везде в ней действовали одни и те же законы. Окончательную форму теория инфляции приобрела благодаря работам А.Д.Линде (который тогда работал в Физическом институте АН СССР им. П.Н.Лебедева, а ныне — в Стенфордском университете). Он же в 1986 году предложил теорию хаотической инфляции. В ней, в частности, разные вселенные все-таки возникают, но каждая из них больше, чем радиус наблюдаемой Вселенной. Инфляция в этой теории идет очень быстро: за 10^{-35} секунды Вселенная из практически точки достигает огромного размера. Старобинский же, помимо всего прочего, рассчитал спектр реликтовых гравитационных волн, который получается при инфляции. Следы этих самых реликтовых волн и увидели исследователи в обсерватории на Южном полюсе. Если бы удалось из полученных данных извлечь информацию о спектре реликтовых гравитационных волн, появилась бы возможность подобрать параметры теории Старобинского — Гута — Линде и выбрать соответствующую модель. О том, какое значение имеет сама модель инфляции, и в чем суть случившейся в 80-х годах революции в космологии можно судить по фрагменту из книги А.Д.Линде «Particle Physics And Inflationary Cosmology», изданной в 1990 году в Швейцарии:

«Инфляционная космология продолжает быстро развиваться. Мы видим существенные изменения наших самых общих концепций, касающихся эволюции Вселенной. Всего несколько лет назад большинство авторитетов не испытывало никаких сомнений, что Вселенная родилась в одном-единственном Большом взрыве 10—15 млрд. лет тому назад. Казалось очевидным, что пространство-время было четырехмерным с самого начала и что оно таково по всей Вселенной. Считалось, что

если Вселенная замкнута, то ее размер не может превышать обозримую часть (10^{28} см), и не позднее чем через 10^{11} лет эта Вселенная сожмется и исчезнет. Если, с другой стороны, Вселенная открытая или плоская, то она бесконечна, и по общему мнению, ее свойства в любой точке те же, что и в видимой части. Такая Вселенная будет существовать вечно, но после распада протонов, как предсказано объединенной теорией слабого, сильного и электромагнитного взаимодействий, в ней не будет барийной материи, способной поддерживать жизнь. В общем, предполагалось два сценария: «горячий конец» с гибелью мира при сжатии и «холодный конец» в виде бесконечного пузыря пространства.

Теперь же представляется, что Вселенная существует вечно и бесконечное число раз порождает все новые и новые огромные области, в которых низкоэнергетические законы, управляющие поведением элементарных частиц, и даже размерность пространства-времени могут различаться. Мы не можем сказать, будет ли жизнь существовать вечно в каждой такой области, но мы точно знаем, что жизнь будет появляться вновь и вновь в разных областях Вселенной, принимая все возможные формы. Такое изменение в наших представлениях о глобальной структуре Вселенной и о нашем месте в ней оказывается главным следствием, вытекающим из инфляционной космологии».

Что же касается не древних, а современных гравитационных волн, то вопрос об их существовании остается. Нет прямых доказательств существования «гравитационного прибора Вселенной», то есть непосредственной экспериментальной регистрации гравитационных волн, даже после успешной работы BICEP. Надо честно признать, что если в итоге гравитационные волны не будут обнаружены прямыми методами, подобными тем, что пытался использовать Вебер, это станет тяжелым ударом для всей современной физики. Под угрозой окажется не только фундамент общепринятой гравитационной парадигмы, воплощенной в общей теории относительности, но и многочисленные «альтернативные» теории тяготения. Ведь все они так или иначе предсказывают существование волн тяготения при распространении гравитации со скоростью света.

Несмотря ни на что, результаты, полученные BICEP, укрепили уверенность в существовании волн тяготения как одного из главных следствий эйнштейновской теории гравитации. Тем не менее консервативно настроенные физики считают, что никакие, даже самые весомые косвенные аргументы не заменят «прямых» проверочных миссий, подобных проекту LISA. А это значит, что Нобелевской премии придется ждать еще не менее двух десятилетий...



Крылья



Художник Н. Колпакова

М. и Г. Грук

НАНОФАНТАСТИКА

Люк смотрел вниз. Там было пусто. Он знал, что ветер несет по выбитому асфальту обрывки газет и мусор, но откуда их было почти не видно. И вони от помойки не чувствовалось. Не так чтобы уж совсем не чувствовалось... К запаху же своего пальто он давно привык.

Он смотрел вниз, а высунувшийся из кармана шарф колотил его по ноге. Шарф дергался и крутился, но было лень убрать его в карман. Да и зачем? Разве не все равно?

Сигарет не было. Только бычок. Один. И коробок спичек. Полупустой. Люк вздохнул. Шарф стукнул его по ноге еще раз. Люк проследил взглядом за поднимающимся в воздух газетным листом и увидел, что по кромке стены к нему ползет человек. Такой же, как он сам. Люк заинтересовался — доползет или сорвется? Мужик дополз и сел рядом.

— Привет, — сказал он. — Давно сидишь?

Люк пожал плечами. Какая разница?

— А я часто тут сижу, — сообщил мужик и представился: — Женёк.

— Люк, — ответил Люк. — А я первый раз.

— А, — понимающе протянул Женёк. — Долго полз?

— Не. — Люк поправил колпак на голове. — Быстро.

— А я долго полз, — вздохнул собеседник. — Хорошая шапка, теплая. Где взял?

— Там, — Люк мотнул головой в сторону помойки. — В том году еще нашел. Теплая. Отстирывал.

Он вспомнил, как долго раздумывал — подобрать колпак или выбросить. Уж больно тот был грязный. Думал-думал, потом подобрал. И целый год на него нарадоваться не мог — хорошо, голова не мерзнет. И почти не пачкается.

— А я вон без шапки, — сообщил Женёк, как будто этого и так не было видно. — Зато у меня перчатки есть.

— Ну да, перчатки, — хмыкнул Люк, — эти, как их, мне... тьфу, митенки.

— Митенки — у баб, — наставительно заметил Женёк. — У красивых. А шарф у тебя есть? У меня вон толстый какой.

Шарф опять стукнул его по ноге. Люк отмахнулся.

— Есть, — указал он на шарф. — В том месяце подобрал. Только что-то не носится. То душит, то холодно. В карман суну вместе с колпаком — колпак вываливается. А колпак-то хороший. И шарф

выбросить жаль. Вон, опять из кармана вывалился. Как бы не упал. Да хрен с ним.

Женёк прищурился и оценивающе посмотрел на шарф. Порыв ветра закрутил газеты вниз. Шарф задергался. Он мотался из стороны в сторону и тянул Люка вниз. Люк закурил — он не особо спешил. Надо бы предложить собеседнику, да жаль как-то. Самому мало. И так с пятой попытки спичку зажег. А коробок выронил. Туда, к газетам. Ну и пес с ним.

— Хочешь? — спросил он, стараясь преодолеть жадность.

— Не-а, — ответил Женёк. — У меня дома целая пачка есть. Неначатая. И зажигалка.

— А у тебя и дом есть? — оторопел Люк.

— Ну... — Женёк смутился, — дом не дом, а так — целый этаж в дореволюционной трехэтажке. Под снос. Жильцов выселили... Костер разжечь можно — перекрытия деревянные, стены тоже. Грейся — не хочу.

— А чего сюда полз? — не понял Люк. Он думал, мужик по тому же поводу, что и он.

— Нравится мне, — улыбнулся Женёк. — Смотри, классно как — все видно. Вон — небо, вон — море. А газеты — они как чайки. Летают. О, — он проводил взглядом порхающий лист, — смешная газетка, подняться хочет, а никак, промокла вся бедная...

«Почти как мы с тобой», — подумал Люк, но вслух не сказал.

— Нос тебе кто разбил? — поинтересовался он вместо этого.

— До сих пор вон капает...

— А, — отмахнулся сосед, — дурак какой-то внизу прицепился. Ну так я ему тоже нехило навалял. Сюда не доберется.

Холодало. Они давно уже прижимались друг к другу, стараясь согреться.

— Слышь, — предложил Женёк, — а пошли ко мне? Тепло там. Давай?

— А туда? — Люк кивнул вниз.

— А туда... — Сосед задумался. Пальцы у него посинели. — А что туда? Сползем сейчас, делов-то. Газет заодно наберем на растопку. И коробок твой отыщем. Погоди только...

Он нагнулся, вытащил шарф то ли из кармана, то ли из-под Люка и швырнул вниз. Подальше. Люку показалось, что шарф извивается и старается укунить нового знакомого. Или ударить хвостом — голым и расплюснутым на конце. Он помотал головой. Белая горячка временно сдала позиции. Да и не с чего ей — с утра трезвый. Пусть не совсем, но все же...

— Зацепись, — пояснил Женёк, вытирая руки. — Да и воняет от него. Не чувствуешь, что ли? Если хочешь, я тебе свой отдам. Потом. Когда слезем.

И они поползли. Почему-то теперь Люку было страшно сорваться. Как он спускался по битым кирпичам, он не помнил. Пальто порвал окончательно, шапку чуть не потерял. Они постояли под стеной, и, глядя на полурассыпавшуюся кладку, Люк попытался понять — а как он вообще смог туда взобраться.

Пошел мелкий снег. Порыв ветра швырнул в них газеты. Что-то ткнулось Люку в ноги.

«Кошка», — подумал он и нагнулся.

Шарф лежал на асфальте, пытаясь обвиться вокруг его ботинок. Женёк передернул плечами, придавил шарф ногой и отшвырнул.

— Пошли, — сказал он. — Я тебе свой отдам.

Они повернулись и пошли. Люку все хотелось оглянуться — не ползет ли за ними шарф, но Женёк начал рассказывать какой-то анекдот, он заслушался и забыл. Впереди их ждало тепло, непочатая пачка сигарет и кипяток.

Двое уходили. Третий сидел на асфальте, колотя по нему голым красным хвостом, и злобно смотрел им вслед. Бежать надо. И поскорее. Пока он не вернулся. Вот скотина, вот подлая тварь, такое дело ему сорвал! Пятачок разбил, на пальцы наступил и хвост чуть не сломал! Гнида какая — вырядиться в эту дрянь не постеснялся и по стене приползти не поленился!

В отличие от человека он прекрасно видел белые крылья на грязном пальто за спиной пришельца.





Вода планет

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Наша Земля очень сухая: доля воды на ее поверхности составляет лишь 0,023% от массы планеты. А у внешних планет, лежащих за поясом астероидов, она доходит до 40%. Более того, судя по составу Солнца, в протопланетном диске вода была столь же распространенным веществом, как силикаты, слагающие каменные планеты. Почему же на внутренних планетах Солнечной системы так сухо? Поиски ответа на этот вопрос ведут в начало времен, когда не было еще ни планет, ни самого Солнца.

Облако

В 1755 году Иммануил Кант написал «Дайте мне материю, и я покажу вам, как из нее должен образоваться мир». И показал: наш мир сформировался из облака частиц, которое уплотнилось под действием силы тяжести. В 1796 году, после обнаружения астрономом Вильямом Гершелем множества туманностей, о некоторых подробностях этого процесса рассказал Пьер Симон Лаплас. Согласно его расчетам, при сжатии облака, из которого рождается звезда, вращающегося со все большим ускорением. В результате его разреженная внешняя часть сплющивается, а когда центробежная сила на экваторе становится равной силе тяжести, идущей от центра вращения (где и будет находиться звезда), облако принимает форму чечевицы. Вещество на внешнем крае перестает участвовать

в дальнейшем сжатии, оставаясь на месте и образуя газовый диск. Затем он дробится на кольца, и вещество каждого кольца становится планетой. Гипотеза эта ученым понравилась и, хотя была неспособна объяснить многие явления, легла в основу современной теории формирования звезд и планетных систем. Экспериментальное ее обоснование предоставили и продолжают предоставлять телескопы, которые позволяют разглядеть множество деталей в строении протозвездных и протопланетных дисков.

Детали строения протозвездных облаков рассматривают примерно с 70-х годов XX века, а сейчас обнаружено несколько сотен протозвездных облаков на разных стадиях развития. Их изучают с помощью новейших приборов, например таких, как космический телескоп ЕКА «Гершель», выведенный на орбиту в 2009 году. Он работает в дальнем инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах — холодные частицы межзвездной пыли хорошо видны в этих областях спектра. Самый современный, построенный в 2013 году прибор — радиоинтерферометр АЛМА (Atacama Large Mirror Array) Южной европейской обсерватории. Он состоит из 66 радиотелескопов, разбросанных по пустыне Атакама и связанных в единую сеть. Данных, собранных этими и многими другими приборами, уже вполне достаточно, чтобы строить вполне адекватные компьютерные модели идущих в таких дисках процессов. А в компьютере можно внимательно рассматривать все тонкости без помощи дорогостоящих приборов. Например, следить за физико-химическими реакциями в облаке и, меняя его состав, понять, какие же планеты получатся. (О выявленном многообразии миров — углеродных с нефтяными реками в графитовых берегах с алмазными утесами; водных, покрытых синими океанами или усыпанных ослепительно-белыми кальцитовыми хребтами, — «Химия и жизнь» рассказывала в майском

номере за 2012 год.) А можно исследовать кинематику самого диска, наблюдать, как в нем появляются зародыши планет — планетозимали, сливающиеся потом в крупные небесные тела. Однако сначала нужно создать сам протозвездный диск из межзвездного облака.

Вот как выглядит свежестроенная математическая модель образования некрупной, меньше Солнца, звезды (Masahiro N. Machida, Takashi Hosokawa «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», 2012, 431, 2, 1719—1744; doi: 10.1093/mnras/stt291).

Исходно имеется межзвездное газово-пылевое облако, заполненное водородом и некоторыми молекулярными соединениями (см. «Химию и жизнь», 2013, № 2) — водой, угарным газом, углекислым, аммиаком, метаном, ароматическими углеводородами и другими органическими веществами разной степени сложности. Наличие углерода подсаживает, что это облако, по крайней мере, частично, — результат взрыва некоей звезды, поскольку углерод в исходной Вселенной отсутствует, он образуется при термоядерном синтезе в звездных недрах. Тогда в облаке есть и другие продукты звездного нуклеосинтеза — тяжелые элементы вплоть до железа, а также продукты взрыва материнской сверхновой — радиоактивные элементы. Этих элементов тем больше, чем к более позднему поколению принадлежала породившая облако звезда. Облако не стоит на месте, но движется в определенном направлении и вращается. Под действием света других звезд вещество ионизируется — значит, у облака имеется электрическое поле, а также магнитное, ведь движение заряженных частиц неизбежно порождает его.

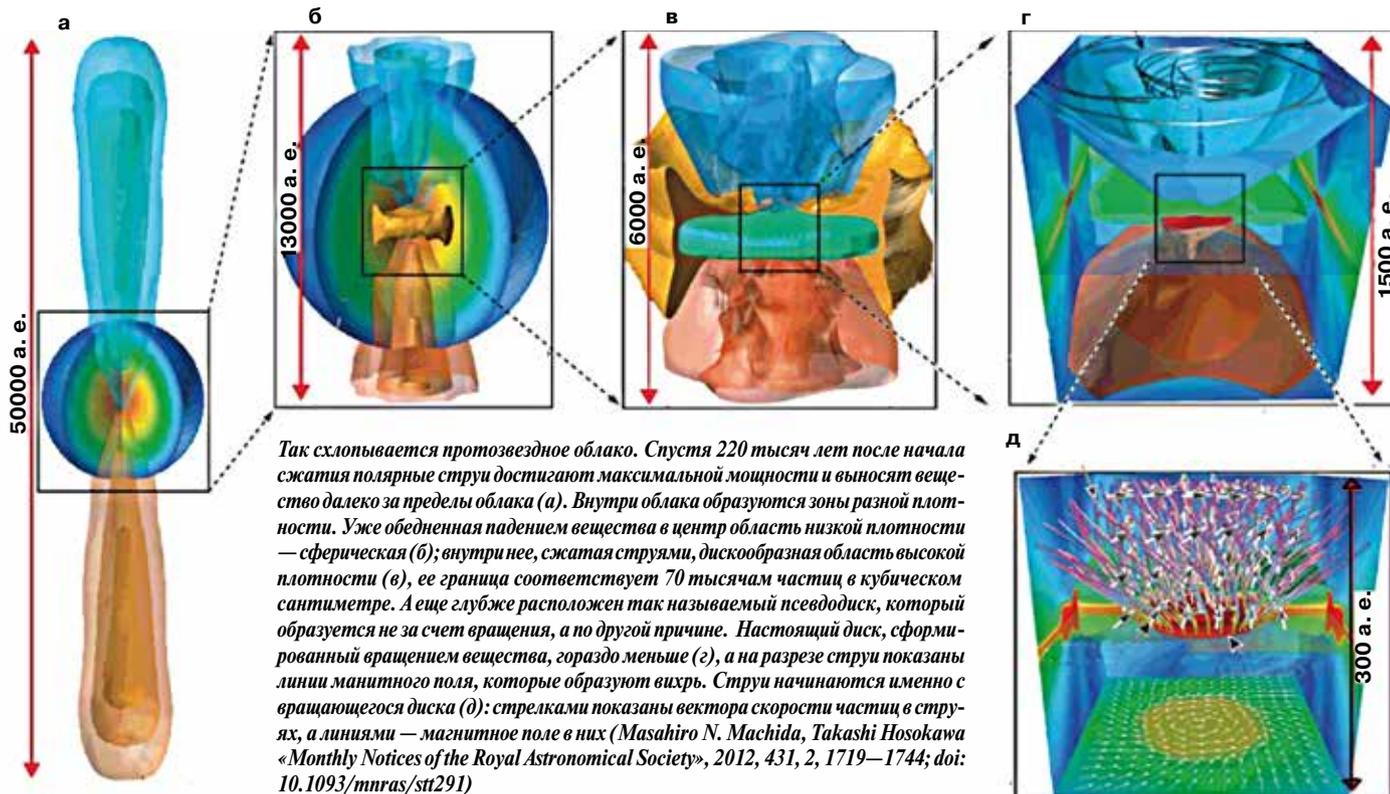
Облако отличается немалой стабильностью, которую обеспечивают две противоборствующие силы — гравитация и тепловое движение слагающих его частиц. Поскольку теплообмен с межзвездным космосом затруднен (он идет только за счет излучения, которое как приходит к облаку от звезд, так и уходит от него при переизлучении квантов энергии), их идилия может длиться бесконечно долго. Нарушить же ее способно внешнее обстоятельство, например взрыв какой-то далекой звезды. Он порождает ударную волну, на фронте которой плотность вещества многократно возрастает. В результате может возникнуть сгусток вещества, гравитация которого окажется выше, чем кинетическая энергия слагающих частиц.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Кроме того, и само облако неоднородно: как показывают наблюдения, при средней плотности межзвездных облаков, измеряемой тысячами частиц на кубический сантиметр, в них имеются уплотнения — так называемые глобулы с плотностью в сотни раз большей. Из таких образований уже могут формироваться звезды.

Для построения модели японские исследователи взяли облако с температурой 10 К и плотностью 600 тысяч частиц в кубическом сантиметре. Чтобы облако начало сжиматься под действием собственной силы тяжести, его масса должна превосходить предел Боннора — Эбберта, предложенный в 1955 году немцем Рольфом Эббертом и англичанином Уильямом Боннором. В реальности речь идет не о массе (ее можно выбрать любой, в частности авторы расчета взяли 1,05 солнечных), а о радиусе сферы, по которой эта масса распределена с указанной плотностью. Он получается равным 6100 а. е. (одна астрономическая единица — радиус земной орбиты). Для сравнения: пояс Койпера, где собрались остатки материала, пошедшего на создание Солнечной системы, имеет радиус 30—50 а. е., а облако Оорта, откуда прилетают долгопериодические кометы, — 50—100 тысяч а. е., или почти один световой год. Скорость вращения облака взяли равной 10^{-13} оборотам в секунду, или около одного оборота в миллион лет. При этом отношение энергии вращения к гравитационной составило 0,01 — исследования астрономов дают среднее значение 0,02 при разбросе в пределах от 10^{-4} до 1,4. Отношение магнитной энергии к гравитационной было 0,06. В центр поместили зародыш звезды массой в тысячную долю массы Солнца. Вот результаты расчета.

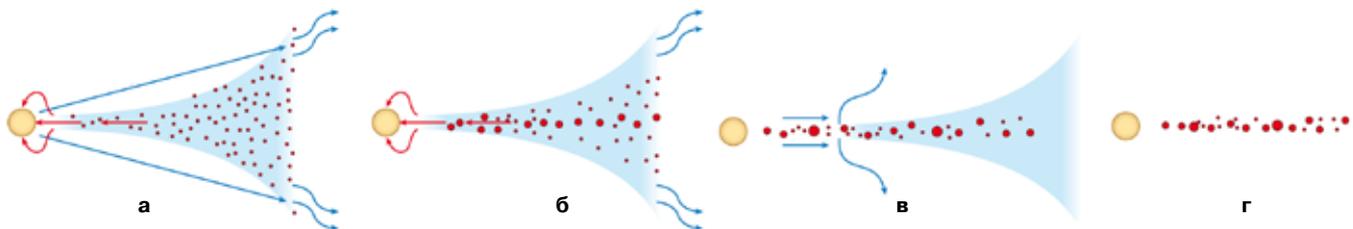


Первые 68 тысяч лет после начала сжатия ничего существенного не происходит: частицы облака перемещаются в пространстве и постепенно увеличивают плотность в центральной части. Но затем начинаются качественные изменения: практически мгновенно появляется вращающийся плотный диск с массой в 0,2 солнечных. Причина его образования — закон сохранения углового момента движения; по мере того как в него падает материал из все более дальних областей облака, вращение ускоряется, а плоскость вращения стабилизируется перпендикулярно одному направлению. Оно и станет в будущем осью вращения звезды и всей планетарной системы; сам же диск окажется основой протопланетного диска. Но пока что вещество из окружающего облака концентрируется в диске и, проходя сквозь него, падает в центр. Плотность вещества в центре становится все выше, и вот спустя 73 тысячи лет после начала сжатия появляется протозвезда. В ближайшие 20 тысяч лет масса диска будет больше массы звезды, а потом — и уже навсегда — она окажется главным игроком, именно ее гравитационное поле теперь стабилизирует диск. (Ранее он держался за счет вращения и давления падающего газа.)

Однако между образованием диска и формированием протозвезды происходит еще одно событие: в момент 70,5 тысяч лет на границе диска начинают формироваться полярные струи, уносящие вещество прочь от протозвездного облака. Причина их появления, как указывают авторы работы, до сих пор не ясна, тем более что различают два вида струй — быстрые и медленные, однако телескопы фиксируют их практически в каждом облаке, где образуется звезда. В качестве рабочей принята гипотеза, что падающие из облака на диск частицы ускоряются и их выбрасывает прочь вдоль оси вращения. Этому способствует и магнитное поле, линии которого выходят под углом из центра вращения диска. Высота, на которую бьет струя, со временем меняется. Спустя 25 тысяч лет после образования протозвезды она достигает границы исходного облака и выходит в межзвездное пространство. А еще через 75 тысяч лет максимальный диаметр струи (она имеет форму сигары) сравняется с диаметром облака, высота же превышает его в несколько раз (практически струя добивает до места расположения облака Оорта). Угол на границе облака достигает 130°, то есть струя существенно ограничивает ту его часть, которая может поставлять материал на звезду. Более того, струи уносят вещество прочь, предотвращая падение на звезду всего облака.

В период между формированием диска и звезды мощность струй только нарастает, затем на некоторое время стабилизируется и, по мере обеднения облака, начинает падать. Моде-

Распад протопланетного диска. Сначала вещество в большом количестве падает на звезду, а ее излучение, главным образом дальний ультрафиолет и рентген, вызывает фотоиспарение внешних частей диска (а): вещество диска слишком плотное, чтобы лучи могли сквозь него пройти и вызвать испарение внутри. В это же время частицы пыли укрупняются и оседают в центральной части диска (б). Когда объем падающего вещества уменьшится до критического значения, сильное фотоиспарение из внутренней части диска очищает от газа ближайшую к звезде область (в). Падение вещества на звезду прекращается, и начинается стремительный распад диска. После того, как весь газ испарится, в диске остались лишь крупные частицы и планеты; всю мелкую пыль вымело за счет давления света или увлекло звездным ветром (г). Теперь диск стал невидимым для астрономов («Annual Review in Astronomy and Astrophysics», 2011, 49, 67–117; doi: 10.1146/annurev-astro-081710-102548)



лирование подсказывает, что медленные струи вылетают с поверхности околозвездного диска, а быстрые — с поверхности самой протозвезды. Всего же эти струи способны унести примерно половину того вещества, что было в исходном облаке. Дальнейшая его судьба остается неясной: рассеется ли оно по межзвездному пространству или, связанное гравитацией звезды, станет ее спутником. Небезынтересно отметить, что, согласно наблюдениям космического телескопа «Гершель» (<http://arxiv.org/abs/1012.4570v1>), эти струи уносят огромное количество воды, содержащейся в протозвездном облаке: концентрация водяного пара (измеряемая относительно содержания водорода) в струях в десятки тысяч раз выше, нежели в остающемся диске. Связано ли это с тем, что вода в диске находится большей частью в замороженном состоянии, или действительно струи иссушают звездную систему, пока не ясно.

Струи, препятствуя падению вдоль оси вращения, приводят к тому, что весь перенос материала из облака на звезду идет только через диск. В результате его масса перестает расти — по данным астрономов, она составляет 0,02–0,1 от солнечной. Расчет японских исследователей позволяет узнать подробности. Так, масса диска в их модели держится на уровне 0,2 солнечных до тех пор, пока масса протозвезды не сравняется с массой оставшегося облака, а затем начинает падать и к концу процесса составляет 0,1 солнечной. И все это время диск служит путепроводом для переправки вещества облака в звезду. В начале формирования протозвезды скорость падения на нее вещества составляет 10^{-5} солнечных масс в год, и так продолжается около 100 тысяч лет. Затем скорость падения снижается до 10^{-7} солнечных масс в год. Впрочем, время от времени приток оказывается больше оттока, диск перегружается, теряет гравитационную стабильность, и на короткое время объем выпадающего из него материала на звезду резко возрастает: это можно заметить по значительному, но непродолжительному увеличению ее яркости, что и наблюдают астрономы, например, у хорошо им известной системы FU Ориона. Считается, что в процессе своего образования звезда испытывает десяток таких событий.

Звезда в это время еще не загорелась — давления и температуры не хватает для запуска термоядерного синтеза. Однако вещество, падая на звезду, сильно нагревается за счет трения и начинает светиться. Эта светимость очень высока — в первые 50 тысяч лет она достигает примерно десятикратного значения по сравнению с Солнцем. Затем, по мере сокращения падающего на протозвезду потока, светимость падает. А когда плотность вещества в звезде оказываются достаточно высокой, в ней начнется термоядерный синтез и накопленное вещество будет гореть на протяжении миллиардов лет. К этому времени, по данным модели, из исходного облака массой в 1,05 солнечных образовалась звезда массой 0,5 солнечных, протопланетный диск массой 0,1 солнечных, от исходного облака остается еще почти 0,1 солнечной массы, а все остальное улетело прочь, унесенное полярными струями.

Диск

Спустя 500 тысяч лет после начала падения ресурсы облака заканчиваются: оно либо полностью выпадает на околозвездный диск и потом на звезду, либо уносится струями в межзвездное пространство, покидая пределы сферы Боннора — Эбберта.

После этого начинается история протопланетного диска, и проследить за превращениями веществ можно с помощью телескопов. Свежие данные таких наблюдений собраны в обзоре Джонатана Уильямса и Лукаса Сиэца из Гавайского университета («Annual Review in Astronomy and Astrophysics», 2011, 49, 67–117; doi: 10.1146/annurev-astro-081710-102548).

Диски наблюдают в инфракрасном и радиодиапазоне. Причин тут две. Во-первых, именно такие лучи лучше всего проходят сквозь остатки исходного облака. А во-вторых, диск нагрет неравномерно, и именно по тепловому излучению можно судить о происходящих в нем процессах: выпадение вещества на звезду, фотоиспарение от ее света и света других звезд и сдувание вследствие гравитационного взаимодействия. Данные многолетних наблюдений показывают такую хронологию событий.

В исходном диске, который сформировался при сжатии облака, плотность вещества высока: весь свет, исходящий от протозвезды, поглощается на расстоянии 20 а. е. от ее центра. Вещество же это состоит из двух компонентов: газа, прежде всего водорода, и пыли, которой в сто раз меньше, чем газа. Пыль — это главным образом частицы силикатов размером менее десятой доли микрона, графитовые зерна и сконденсировавшиеся полициклические углеводороды. Холодные пылинки покрыты льдом из налипших на них молекул всевозможных газов и жидкостей. Под действием ультрафиолетового и рентгеновского излучений звезды газ ионизируется, намерзшие на пыль летучие компоненты, нагретые, испаряются и также ионизируются. По идее, под действием света звезды и эти ионы, и нейтральные молекулы газа должны бы улететь прочь, но, до тех пор, пока сквозь диск идет поток вещества с падающего облака, этого не происходит. И длится этот период небыстрого падения остатка обедненного облака несколько миллионов лет. А вот когда облако настолько истощится, что скорость падения вещества на звезду и скорость его оттока в виде звездного ветра сравняются (по одним оценкам это 10^{-10} — 10^{-9} солнечных масс в год, а по другим — 10^{-8}), сразу же возникает расслоение диска на внешнюю и внутреннюю части. Внутренний диск стремительно, за 100 тысяч лет, с одной стороны испаряется, а с другой — падает на звезду, расчищая от газа пространство радиусом в несколько астрономических единиц (где, собственно, и будут формироваться основные планеты). В результате излучение проникает все глубже и глубже внутрь диска, фактически выметая прочь все больше газа. В этом процессе участвуют и внешние звезды: их излучение также ионизирует и нагревает газ, и тот улетает прочь уже с внешней поверхности диска. Наибольшую опасность представляют мощные голубые гиганты: если они располагаются слишком близко, в пределах десятой доли светового года от протозвезды, их излучение может попросту сдуть протопланетный диск (этот процесс изображен на заставке к статье: мощная звезда, показанная в правом верхнем углу сдула диск у ближайшей протозвезды, а расположенная дальше от нее протозвезда может сформировать планетную систему). Впрочем, обычно соседние звезды сдувают не более десятой его части.

Иной процесс происходит с пылинками. Маленькие пылинки легко увлекаются потоком улетающего прочь от звезды газа, а давление света их еще и подталкивает. Однако при этом пылинки сталкиваются друг с другом и слипаются, чему сильно способствует покрывающий их лед. А чем больше размер пылинки, тем меньше отношение ее поверхности к объему, то есть тем меньше парусность. Поэтому по мере укрупнения пылинки тормозятся и сваливаются поближе к центру диска. Казалось бы, должен получиться идеально плоский тонкий диск, но этому препятствует турбулентность, которая вызывает перемещения и крупных частиц поперек диска. Процессу слипания частиц противодействует их дробление при слишком энергичных столкновениях. Это создает проблему перехода от микронных пылинок к объектам метрового размера: казалось



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

бы, из-за дробления они не могут образоваться. Проблема до сих пор не разрешена; есть предположения, что зародыши планет формируются в долгоживущих вихрях или что условия для сбора мелких частиц в крупные обеспечивают какие-то гравитационные неустойчивости. Доподлинно же известно: все пылинки размером менее 100 мкм за 10 тысяч лет от начала распада диска либо склеиваются в более крупные образования, либо улетают из диска прочь.

К тому времени, как внутренняя часть диска очищается от газа, объем вещества в нем оказывается практически ничтожным — его масса падает с десятой доли солнечной до сотых ее долей. В среднем оставшегося материала хватает на формирование пяти Юпитеров, но чаще всего — не более чем на одну-две таких планеты. В Солнечной системе, например, суммарная масса планет составляет полторы массы Юпитера. Весь распад диска занимает от силы миллион лет, хотя порой затягивается и на десять миллионов. В конце концов никаких видимых следов диска вокруг звезды не остается, поскольку вся пыль собралась в планетах, планетозималях и в менее крупных обломках, которые интересны охотникам за экзопланетами.

Линия снега

И вот теперь мы приближаемся к загадке воды. Протозвездное облако состоит из газа и пыли. Облако холодное, и на поверхность частиц намерзают молекулы тех веществ, что имеются в облаке. Кроме того, поскольку облако в значительной своей части — продукт взрыва какой-то сверхновой, в состав пылинок входят различные тяжелые металлы, включая образовавшиеся непосредственно в момент взрыва радиоактивные элементы.

При падении на звезду эта пыль нагревается как за счет трения, так и излучением протозвезды, и осевшие на ней летучие вещества испаряются. Судьба этих летучих компонентов неясна: с одной стороны, они, толкаемые излучением и обладая повышенной кинетической энергией (мерой которой и служит температура), должны бы улететь прочь, а с другой — поток падающего в звезду вещества этому препятствует. Видимо, устанавливается динамическое равновесие, которое поддерживает некое постоянное распределение летучих компонентов по объему диска. При распаде же протопланетного диска, когда поток падающего вещества иссякает, свет звезды начинает выдувать летучие компоненты, и они летят прочь до тех пор, пока не достигнут линии снега: зоны диска, где температура поверхности пылинки меньше температуры сублимации того или иного компонента этого газа. Там соответствующий летучий компонент получает возможность намерзнуть на поверхность пылинок и прочих твердых тел. Все это приводит к неравномерному распределению вещества по протопланетному диску.

Самая первая «линия снега» находится вблизи от звезды и определяется испарением наиболее тугоплавкого вещества, присутствующего в составе пыли в значительном количестве. Это графит, испаряющийся при нагреве до 4600 К, что нена-

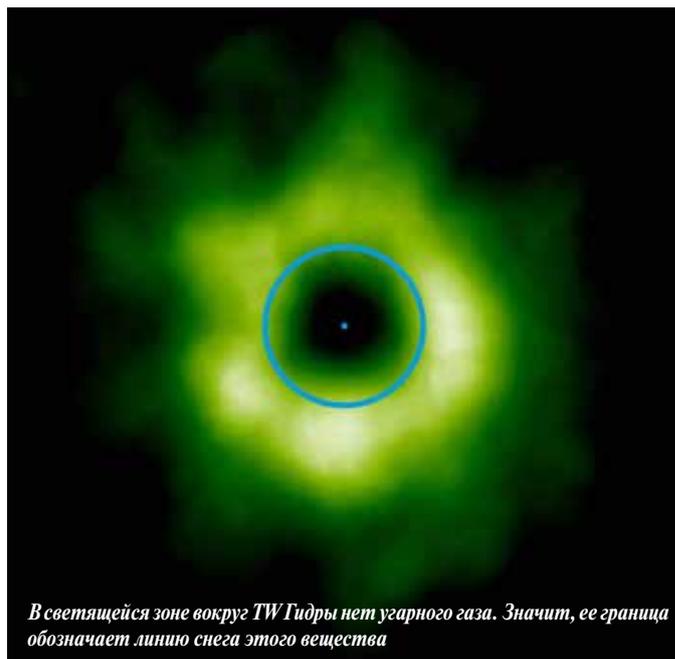
много меньше температуры поверхности Солнца — 5500 К. То есть графитовые планетозимали могли бы (с точки зрения физической химии) сформировать планету в непосредственной близости от светила, чего в Солнечной системе не наблюдается. Следующая линия определяется сублимацией самого распространенного вещества, составляющего пылинки межзвездного облака, — диоксида кремния: в вакууме он начинает интенсивно испаряться при нагреве до 1600 К. Ближе этой линии (если забыть про графит) планет быть не может, во всяком случае, долго они не проживут, весь строительный материал для них быстро улетает на периферию планетного диска. Третья линия наиболее интересна для нас — это линия конденсации воды. Она соответствует температуре 145—170 К в зависимости от давления водяного пара в диске. Сейчас линия такого — настоящего — снега находится в поясе астероидов на расстоянии 2,7 а. е. от Солнца: до нее астероиды каменные, дальше — водянистые. Ближе к Марсу расположена зона сухого льда — углекислый газ замерзает при 190 К. Зону воды и углекислого газа перекрывают углеводороды — от парафинов, становящихся твердыми в общем-то при нагреве ниже точки кипения воды (а это в районе орбиты Венеры) до линии конденсации метана — 111 К (где-то между Сатурном и Ураном). Следующая важная снеговая линия — угарного газа — проходит в районе орбиты Нептуна, а далее следуют линии затвердевания азота и водорода.

И вот так получается, что чем ближе к звезде формируется планета, тем меньше на ней будет летучих веществ — за пределами снеговой линии они могут встречаться только в следовых количествах. В принципе летучие элементы, тот же кислород, может присутствовать и недалеко от звезды, но в составе тугоплавких веществ, тех же оксидов. Наверное, аналогичная история позволяет сохранить и водород в виде гидридов.

Впервые линию снега из угарного газа наблюдали астрономы Южной европейской обсерватории с помощью уже упомянутого прибора АЛМА (агентство «AlphaGalileo», 18 июля 2013 года). Изучали они оранжевого карлика TW Гидры — молодую звезду возрастом 10 миллионов лет, весьма близкую по своим параметрам к Солнцу. Наблюдать линию снега не просто — ледяные частицы спрятаны внутри диска, и их не видно, а на его видимой поверхности лед испаряется под светом звезд. Поэтому ученые следили за молекулой N_2H^+ : она излучает свет в миллиметровом диапазоне, который отлично проходит сквозь пыль диска. Эта молекула охотно реагирует с угарным газом и присутствует только в той части диска, где такого газа нет, то есть он весь вымерз на поверхности частиц пыли. Как оказалось, линия снега угарного газа у этой звезды находится на расстоянии 30 а. е. от нее, в соответствии с теорией протопланетных дисков.

Вода

Линия снега отнюдь не стоит на месте, о чем свидетельствуют результаты численного моделирования — они описаны, например, в статье Ребекки Мартин и Марио Ливио из Балтиморского Научного института космической астрономии, подготовленной в июле 2012 года (<http://arxiv.org/abs/1207.4284>). Сначала, когда внутренняя часть диска еще не освободилась от газа, линия снега постепенно движется к звезде. Причина в том, что по мере ослабления идущего к ней потока вещества уменьшается трение в диске и соответственно падает вызванный им нагрев. В Солнечной системе минимальный радиус линии водяного снега составляет 0,6 а. е., то есть в этой зоне оказывается не только Земля, но и Венера, отстоящая от светила на 0,72 а. е. Затем, при очистке диска от газа за счет фотоиспарения, когда начинает преобладать нагрев от звезды, линия опять сдвигается к наружным слоям. Поэтому в зависимости от того, на каком этапе распада диска сформи-



В светящейся зоне вокруг TW Гидры нет угарного газа. Значит, ее граница обозначает линию снега этого вещества

ровалась Земля и своим полем тяготения сумела удерживать испаряющуюся от нагрева воду, получаются две модели — сухой и мокрой Земли. Вокруг этих моделей и ломают сейчас копыя планетологи.

В протопланетном облаке воды довольно много: так, свежие наблюдения за TW Гидры обнаружили столько воды, что ее хватает на несколько тысяч земных океанов (<http://arxiv.org/pdf/1110.4600.pdf>). Однако сформировать Землю из сухих планетозималей оказывается не так просто, как кажется. Если попытаться создать сухие планетозимали до того, как линия снега при движении к Солнцу прошла через них, то выяснится, что на это не хватает времени: слишком горячая пыль не хочет собираться в крупные образования. Если же попытаться сделать это потом, когда линия снега уйдет к Юпитеру, то не хватит строительного материала, поскольку нужные для этого пыль и газ уже улетят за пределы земной орбиты. Попытки высушить влажные планетозимали до того, как они слились в планету, успехом также не увенчались — все равно воды остается слишком много. В поисках выхода исследователи решили углубиться в сам протопланетный диск, тем более что упомянутые результаты телескопа «Гершель» прямо указывают: вода в основном содержится в виде крупных ледяных или обледеневших частиц в середине диска. Обычно считается, что в нем существуют достаточно мощные турбулентные потоки, которые перемешивают вещество по всей толще, обеспечивая равную температуру в середине и по краям. Однако эти потоки могут быть не столь сильными — телескопы в глубь диска смотреть не могут, и объективных данных об идущих там процессах нет. Если же перемешивание неполное, то в середине формируются мертвые зоны, которые меняют поля температур. Расчет Мартин и Ливио, проведенный для этого случая, показал, что линия водяного снега перестает пересекать орбиту Земли.

В их модели возникает еще один интересный результат: в мертвой зоне совсем рядом со звездой появляется еще одна область, где настолько холодно, что вода не испаряется. В случае гравитационной неустойчивости и катастрофического падения внутренней части диска (о чем речь шла выше), эта область вместе со всей водой падает на звезду. Но неустойчивости может и не случиться, и тогда в ней сформируется горячий юпитер — планета того самого типа, с которых и началась экзопланетная астрономия: обращающаяся вокруг своей звезды за несколько дней по орбите, в пять—десять раз более

близкой, чем Меркурий. Сейчас считается, что такая планета формируется на периферии, а потом дрейфует к звезде. Попытка объяснить сухость Земли позволяет взглянуть на проблему по-другому: они всегда были на своих местах, просто в Солнечной системе не сформировались.

Как бы то ни было, гипотеза влажной Земли — отнюдь не главная (а предположение В.Н.Ларина, что вода появляется в результате распада оксидов и гидридов уже на вполне сформировавшейся Земле, и вовсе мало кто принимает всерьез), преобладает же гипотеза Земли сухой. И тогда не остается никакого иного механизма ее обводнения, кроме как доставка воды (и других летучих компонентов) из-за нынешней снеговой линии. Там, на периферии Солнечной системы, в кометах сосредоточены сотни из упомянутых тысяч водных океанов (остальные пошли на формирование атмосферы планет-гигантов). Главным же источником земной воды при таком подходе оказывается астероидно-кометная бомбардировка, случившаяся спустя полмиллиарда лет после образования Солнечной системы, а точнее, 4,1—3,2 миллиарда лет тому назад. Почему она произошла, что дестабилизировало орбиты небесных тел пояса Койпера и/или облака Оорта, неизвестно, но следы бомбардировки отлично видны на поверхности Марса и Луны.

Не исключено, что подобное явление астрономы наблюдают в режиме реального времени. В марте 2014 года в Южной европейской обсерватории обнаружили у звезды Бета Живописца пояс из угарного газа, расположенный на расстоянии в 100 а. е., что в три раза больше, нежели орбита Нептуна (агентство «AlfaGalileo», 6 марта 2014 года). С учетом возраста звезды (20 миллионов лет) никакого угарного газа там быть не должно, поскольку он распадается от фотодиссоциации за сотню лет. Значит, идет постоянный поток газа. Откуда? Есть два предположения. Или астрономы увидели уникальное событие в жизни звезды — буквально на их глазах столкнулись два больших планетных тела подобных Марсу, и из их обломков вылетел весь этот угарный газ. Или же это вполне рутинные столкновения комет друг с другом. Частота таких столкновений должна быть велика — раз в пять минут. В этом случае кометы в столь тесную группу собирает неоткрытая планета массой в Сатурн. Исследователи надеются в ближайшее время разглядеть еще и органику, попадающую в космос при таких столкновениях.

Кометы нашей системы — не единственный возможный источник воды и прочих летучих веществ. Определенной популярностью пользуется идея А.А.Баренбаума из Института проблем нефти и газа РАН о периодических бомбардировках системы галактическими кометами (подробности можно найти в автореферате его докторской диссертации, подготовленной в 2007 году). Согласно этой гипотезе, совершая оборот вокруг центра Галактики, Земля выполняет сложные движения: пересекает галактическую плоскость, попадает в области звездообразования или преодолевает струйные течение в галактических рукавах. При этом периодически мы попадаем в области с существенно повышенной плотностью небесных тел разного рода, с которыми возможны столкновения. Наиболее опасны прохождения рукавов (напомним, что Млечный Путь принадлежит к числу эллиптических галактик, представляющих плоский диск, вращающийся вокруг центра. Диск не сплошной, а состоит из рукавов с повышенной плотностью звезд и межзвездного газа. Солнечная система находится на периферии галактического диска.) По мнению Баренбаума, рукава насыщены не только газом, пылью или звездами, но и мелкими небесными телами, например галактическими кометами, то есть такими, которые не связаны ни с одной звездной системой. Их никто не видел, но ничего удивительного в предположении о таких телах нет. Например, в 2013 году астрономы нашли сразу две планеты, существующие вне какой-либо звездной системы (агентство «AlfaGalileo»,



9 октября 2013 года). Их массы довольно велики — 5 и 12 масс Юпитера, но это меньше, чем масса мельчайшей звезды — коричневого карлика (12—80 масс Юпитера). Более того, у второй планеты, расположенной в области активного звездообразования, был найден аналог протопланетного диска, то есть она формируется по тому же самому механизму, что и звезда, а именно возникает при схлопывании облака газа, соответствующего условию Боннора — Эбберта, только облако имеет меньший размер и соответственно оно более плотное, чем протозвездное. Вполне можно себе представить образование таких компактных облаков при столкновении ударных волн в межзвездном облаке. Но тогда ничто не мешает представить и образование мелких объектов в еще более плотных участках облака.

Проходя через рукава, наша планета подвергается кометному ливню: за 1—5 миллионов лет выпадает от десяти тысяч до миллиона комет диаметром 100—2500 м. Впрочем, другие исследователи утверждают, что размер галактических комет может исчисляться и десятком-другим километров. Очевидно, что такие ливни приносят на Землю и воду, и углекислый газ, и, по мнению Баренбаума, нефть.

Эта гипотеза не пользуется большой популярностью, однако факт периодических вымираний, подозрительно совпадающих с периодичностью прохождения рукавов (19—37 миллионов лет) или областей звездообразования (40—80 миллионов лет) отрицать трудно. В любом случае прохождения через области с более плотным расположением небесных тел могут дестабилизировать собственную кометную свиту Солнечной системы, а она насчитывает от сотен миллиардов до десятков триллионов кометных ядер. Такая дестабилизация и без галактических комет способна отозваться кометным ливнем. Впрочем, есть идеи, что кометы не только воду принесли на Землю, но и внесли более существенный вклад в формирование поверхности нашей планеты, только он не очень заметен.

Предложенная Баренбаумом нефть с небес — из числа таких неочевидных следов. Дело в том, что кометы — не астероиды, они слишком непрочны, поэтому не могут образовать хорошо заметный кратер. Это и путает охотников за их следами. Так, гипотетическую кометную бомбардировку позднего дриаса приходится всем миром обосновывать за счет находки мельчайших частичек, рассеянных по поверхности Земли, и то этот факт признают отнюдь не все. Смелые египетские геологи утверждают, что они-таки нашли след упавшей 23 миллиона лет тому назад кометы (агентство «AlfaGalileo», 8 октября 2013 года). Это камни из расплавленного диоксида кремния, которые находят в районе Кебира, что на южной границе между Ливией и Египтом. Их с давних времен используют для изготовления украшений, а образоваться они могли при атмосферном взрыве, вызвавшем на большой площади нагрев песка до 2300°С. Еще один претендент на бесследный взрыв кометы — Тунгусский феномен. Видимо, для поиска следов древних кометных бомбардировок, которые позволят установить, когда и при каких обстоятельствах на нашу планету свалилась вода, требуются изрядное упорство и изворотливость ума.



Месторождения с небес

Одна из загадок Земли — образование месторождений тяжелых металлов. Вещество молодой планеты расплавлено, и в нем происходит стратификация — тяжелые элементы собираются в центре, а легкие всплывают наверх. Поэтому, скажем, месторождений железа, меди, никеля вблизи поверхности планеты ожидать вроде бы не следует: все исходное железо, медь, никель, уран и многие другие должны лежать в ядре в виде чистых элементов или в нижних слоях мантии, если речь идет о соединениях — оксидах, сульфидах и так далее, а выше расположены оксиды более легких элементов вроде кремния, алюминия, кальция. Однако месторождения тяжелых металлов вблизи поверхности есть, более того, они хаотично размещены внутри осадочной породы. Геологическая теория констатирует факт расположения скоплений тяжелых металлов на поверхности, прогнозирует, где следует их искать, а причину появления приписывает флюидно-интрузивным процессам выноса рудных тел из магматического очага в осадочный чехол.

Другая загадка — с осадочными породами: энергии, поступающей на Землю, не хватит, чтобы создать их за счет выветривания. Посчитаем. Мощность осадочных пород достигает 5 км, а в среднем — 2,2 км; суммарный объем — 1,125 млрд. км³. Их образуют песок, глина и известняк. Песок — на 90% состоит из частиц SiO₂ размером 0,1—1 мм, иногда в их составе есть другие оксиды и вещества, которые придают песку красный, черный, белый или желтый цвет. Более сложен состав глины; ее образуют частицы кварца SiO₂ (30—70%) и корунда Al₂O₃ (10—40%) размером не более 0,01 мм, а также вода (5—10%), которая придает ей пластичность. Известняк — это осадочная порода, состоящая из частиц кальцита CaCO₃.

Геологическая наука утверждает, что песок и глина образовались в результате длительного процесса разрушения коренных магматических пород, в основном гранита. Попробуем оценить энергетические затраты, требуемые для размельчения такой огромной массы гранита, которая необходима для получения 900 млн. км³ (или 9·10²³ см³) песка и глины. Для простоты будем считать, что из одного объема гранита образуется два объема песка и глины. Из ГОСТа испытаний камней на истирание и результатов таких испытаний,



Так могут сталкиваться кометы в системе Бета Живописца

которые приводят компании, торгующие мраморными и гранитными плитами для строительства, нетрудно получить, что на истирание 1 см³ камня тратится 224 кДж. Значит, на истирание всех 4,5·10²³ см³ песка и глины из гранита нужно затратить 1·10²⁶ кДж. Причем это эффективным металлическим инструментом.

Чтобы более полно оценить возможности природы по переработке гранита, посмотрим, какими энергетическими мощностями располагает наша Земля. Известно, что энергия, поступающая на поверхность Земли, на 99,98% определяется излучением Солнца. Мощность солнечного излучения, достигающего Земли, составляет 1,27·10¹⁷ Дж/с. Если всю эту мощность можно было бы потратить на размалывание 4,5·10²³ см³ гранита в песок и глину, природе потребовалось бы 25 тысяч лет. Однако природа не могла потратить на это всю получаемую от Солнца энергию, поскольку она тратится в основном на поддержание постоянной температуры планеты и испарение воды. На такие мощные проявления стихий, как ветер, волны, течения (а они играют важную роль в выветривании, завершая разрушение породы и разнос ее осколков), идет по разным оценкам 1—0,1% падающей на Землю солнечной энергии. Вряд ли на само измельчение пород — согласно основному механизму это нагрев, резкое охлаждение и замерзание в получившихся микротрещинах воды, что вызывает откалывание частиц, — тратится больше. Тогда срок размола возрастает стократно, до 2,5 миллионов лет, или 7,9·10¹³ с.

Но дело в том, что природа не тратит энергию на разрушение камней круглыми сутками, а обходится краткими отрезками времени. Если летом в самую большую жару солнце нагревает поверхность гранита до температуры около 100°C, разрушения не происходит, как бы долго не прогревался гранит. Оно случится, когда на горячую поверхность упадет холодная капля воды: поверхность интенсивно охладится и в первую же секунду покроется от термоудара сеткой микротрещин. Следовательно, на все разрушение после предварительного нагрева тратится не более секунды в каждый ливень. Если считать, что они случаются каждый день, получается, что работой по разрушению природа занята 365 секунд в год. (Несколько ливней в день ничего не меняют, поскольку поверхность камня в интервале между ними не успевает нагреваться.) И тогда размол занимает уже 220 миллиардов лет, чего быть не может.

Таким образом, утверждение о том, что песок и глина осадочного чехла нашей планеты образовались в результате длительного процесса разрушения гранита, верно только отчасти, не более чем на несколько процентов. Как же образовались в осадочном чехле остальные песок и глина? Скажем прямо: их могли принести кометы. Именно они содержат смерзшуюся первичную космическую пыль, главным образом частицы диоксида кремния. Кроме них, в кометах есть вода, метан, аммиак, углекислый газ, соли и многие другие вещества: состав каждой конкретной кометы зависит от времени и места ее зарождения и орби-



А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

ты. Главные же кометные бомбардировки случаются при прохождении Земли через рукава Галактики, когда кометы падают чуть ли не каждую неделю в течение полумиллиона лет. За время своего существования (4,5 млрд. лет) Земля испытала не менее 155 циклов таких бомбардировок.

Когда расплавленная Земля еще не имела гранитно-базальтовой оболочки, кометы падали в жидкую магму. Имеющейся в них метановый лед плавился и испарялся, после чего его молекулы под действием высокой температуры распались на составляющие — углерод и водород. Если атомы водорода из-за своей летучести покидали планету, то атомы углерода, оказавшиеся в магме, могли вступать в химическую реакцию с оксидами металлов и формировали там карбиды. Иначе говоря, вкрапления карбидов различных металлов могут оказаться следами бомбардировки и представляют собой тот запас соединений, которые позднее будут вынесены из магматического очага в осадочный чехол с помощью газообразных или жидких растворов — так называемых флюидно-интрузивных процессов.

Когда планета остыла и появилась кора, водяной лед и космическая пыль из комет попадали уже на твердое вещество. На относительно теплой поверхности Земли, не покрытой еще мягким осадочным чехлом, водяной лед таял, и полученная при этом вода с примесью хлоридов щелочных металлов шла на образование гидросферы. Остальные ледянистые компоненты ядер комет (CH_4 , CO_2 и другие), не имея возможности зафиксироваться на твердой поверхности, улетучивались в атмосферу. Бомбардировки Земли кометами были столь интенсивными, что уже в первой четверти архея (4 млрд. лет назад) Мировой океан покрыл почти всю поверхность нашей планеты.

Попадая в воды океана, кометы всплывали, как обычные льдины, и начинали таять, высвобождая содержащуюся в них космическую пыль. Может показаться, что комета никак не может упасть в океан и плавать по нему, ведь известно, что она должна взорваться из-за нагрева при движении в атмосфере, которая к тому времени появится. Тут надо вспомнить, что скорость движения галактической кометы огромна — до 200 км в секунду. Она мгновенно пронзает атмосферу Земли и нагревается только от удара. На сколько частей расколется комета, особенно если ее размер — десяток километров, выше Эвереста, как будет нагреваться с исходной температурой космического холода — неизвестно. Но возможность того, что она отнюдь не полностью испарится после удара, а именно расколется, исключать никак нельзя.

При таянии часть космической пыли комет, в том числе оксиды кремния и алюминия, которые не растворились в воде, как это произошло с хлоридами щелочных металлов, опускались на дно океана. При этом шла сепарация: крупные частицы опускались быстрее мелких. Так на дне последовательно откладывались более или менее однородные по составу слои песка и глины. Через некоторое время, в палеозое (от 570 до 235 млн. лет назад), океан отступил с поверхности современной суши, и чередующиеся пласты в осадочном чехле естественно перешли в наследство современным континентам. Заметим, что при формировании осадочного чехла только за счет продуктов разрушения гранитных пород никакой слоистости не было бы.

Современная наука признает: в осадочном чехле Земли по крайней мере один слой глины (мощностью 1—6 см) имеет космическое происхождение. Он лежит на стыке отложений мезозоя и кайнозоя примерно 65 миллионов лет — знаменитый конец эры динозавров. Характерная его черта — повышенное в 30 раз содержание иридия по сравнению с соседними слоями известняка. А иридий, по современным понятиям, мог попасть в осадочный чехол Земли только из космического пространства.

Если принять, что имеющиеся в осадочном чехле слои имеют кометное происхождение, то такое же происхождение должно иметь большинство месторождений как металлов, так и неметаллов: их образовала комета, в которой была пыль, обогащенная соответствующим элементом.

Формирование месторождений полезных ископаемых могло идти как минимум по трем путям. Во-первых, это уже упоминавшиеся флюидно-интрузивные процессы выноса рудных компонентов в осадочный чехол из магматического рудоносного очага. Во-вторых — непосредственная имплантация комет в относительно мягкий осадочный чехол. В-третьих — образование месторождений из комет «осадочным» способом. У всех трех способов есть общая черта: первичное формирование месторождений происходило практически на внешней поверхности существовавшего на тот момент осадочного чехла. А затем все месторождения были засыпаны при очередных кометных бомбардировках, как бы погружаясь внутрь планеты.

К сожалению, из-за небольшой разницы в удельной плотности и размерах частиц, образующих осадочную породу (песок и глину) и полезные ископаемые, четкой сепарации между этими, абсолютно различными по химическому составу частицами могло и не происходить. Поэтому в большинстве случаев

реальные месторождения в той или иной степени заполнены пустой породой, которую при добыче отправляют в отвалы.

А вот как образовывались месторождения горючих ископаемых. При таянии плавающей в океане кометы на дно сначала опускался песок, который образовывал плоский холм. Сверху на этот холм из песка оседал слой глины. Метановый лед при взаимодействии с водой (а она под кометной льдиной холодная и находится под давлением в десятки атмосфер) должен плавиться и превращаться в кристаллогидраты метана. Будучи немного тяжелее воды, они опускаются на дно медленнее, чем песок, засыпая вместе с ним только что созданный там холм, который будет служить подошвой пласта формируемого месторождения метана. И последнее — легший на подошву слой кристаллогидрата метана засыпали частицы глины; из-за малых размеров их время осаждения в 10 тысяч раз больше времени осаждения частиц песка.

Что касается образования нефти из кристаллогидратов метана, заметим следующее. В осадочном чехле Земли на глубине 5 км температура составляет около $+150^\circ\text{C}$, а давление — под 1000 атмосфер. Возможно, этих условий достаточно для превращения метана из распавшихся кристаллогидратов в более сложные углеводороды. Кроме того, месторождения нефти, как и других полезных ископаемых, могли образоваться и при имплантации метаносодержащих комет в относительно мягкий осадочный чехол Земли. Кинетическая энергия комет при этом превращалась в тепловую — температуру и давление.

Как можно проверить такую гипотезу? Надо постараться найти связь между расположением полезных ископаемых и местами падения комет (так называемыми астроблемами), либо поискать общие черты у песка, глины и частиц кометной пыли. Благо последние скоро должна добыть экспедиция ЕКА «Розетта», которая в ноябре 2014 года высадит спускаемый аппарат на комете Чурюмова — Герасименко.

Кандидат технических наук
А.А.Биршерт,
Институт химической физики
им. Н.Н.Семенова РАН
birshert.an@yandex.ru

Третье измерение для бутылки

Из пластиковой тары можно сделать сырье для трехмерного принтера

Агентство «NewsWise», 5 марта 2014 года.

Трехмерный принтер печатает вещи, используя в качестве расходного материала пластиковые стержни. Стоят они от 36 до 50 долларов США за килограмм. Оказывается, покупать такие стержни вовсе не обязательно: их можно сделать самому.

Исследователи из Мичиганского технологического университета во главе с доцентом Джошуа Пирсом собрали использованные бутылки из-под молока (в США их делают из полиэтилена высокой плотности), помыли, разрезали на куски, пропустили через офисный измельчитель бумаги, а потом спекли получившуюся крошку с помощью специального устройства — RecycleBot — в стержни для принтера. На всех этапах они считали расходы на энергию, и получилось, что такие стержни обходятся в десять центов за килограмм. При этом затраты энергии оказались на 70% ниже, чем если бы эти бутылки собрали по малым городам и отправили на переработку в областной центр. А уж по сравнению со стержнями из первичного сырья экономия энергии составляет 90%. По мнению участников исследования, их идея поможет наладить бизнес в слаборазвитых странах: если тамашние бомжи станут собирать пластиковый мусор и превращать его в стержни для трехмерных принтеров, они смогут и деньги получить, и сделать планету чище. Осталось только организовать международный рынок стержней.



Электрическое окно

Из диселенида вольфрама сделали солнечный элемент, пропускающий свет.

Агентство «AlphaGalileo», 10 марта 2014 года.

Прозрачный солнечный элемент — интересное устройство, которое в принципе позволяет добывать электричество со всей поверхности здания, а не только с крыши. Именно такой элемент и сделали исследователи из однослойного диселенида вольфрама.

Это вещество — аналог графена: из него также можно изготовить двумерный материал толщиной в один или несколько молекулярных слоев; каждый слой состоит из сетки вольфрамовых атомов, над и под которой расположены атомы селена. В отличие от графена электронные свойства диселенида вольфрама позволяют использовать его для преобразования солнечного света в электричество. Такой плоский вольфрамовый фотодиод и сделали физики из Венского технологического университета во главе Томасом Мюллером. Диод так тонок, что пропускает сквозь себя 95% солнечного света, а половину поглощенного превращает в электричество, то есть эффективность элемента оказывается 2,5%. У альтернативных органических солнечных элементов коэффициент уже выше и приближается к пригодному для внедрения в промышленность уровню 10%. Однако стабильность органических диодов оставляет желать лучшего. А вот селенид вольфрама благодаря своему кристаллическому строению и присутствию в основе соединения тугоплавкого металла на солнечном свету оказывается гораздо стабильнее.

Исследователи рассчитывают, что их диод пригодится при создании стеклянных фасадов нового поколения, которые станут не только пропускать свет, но и вырабатывать электричество. Вопрос, видимо, как всегда, будет в цене такого электричества, но при известной политической воле, воплощенной в нормативных документах, и при развертывании массового производства, все может оказаться не так уж плохо для сторонников солнечной энергетики в городе.

Деревянная пена

Вспененное дерево сохранит тепло и позволит упаковать продукты

Агентство «AlphaGalileo», 7 марта 2014 года.

Дерево и само по себе неплохая теплоизоляция. Если же его размолоть в мелкие кусочки и вспенить — выйдет еще лучше. Технология, которую придумали ученые из Фраунгоферовского института исследований древесины в Брауншвейге во главе с профессором Фолькером Толе, позволяет заменить природным материалом вспененные пластики, применяемые для теплозащиты стен и крыш зданий. Точнее, две технологии. Согласно одной, полученную из мелко размолотой древесины суспензию вспенивают газом, а потом она затвердевает в результате реакции между самими компонентами древесины. Вторая же предусматривает нагрев, при котором добавленные в суспензию частицы твердого вещества разлагаются, выделяя газ, подобно тому, как это делает разрыхлитель теста при выпекании пирога.

В принципе твердая теплоизоляция из древесных волокон (не путать с минеральной ватой) уже известна. Однако со временем из-за колебаний температуры и влажности она разрушается. Испытания показали, что новая брауншвейгская теплоизоляция лишена таких недостатков и по стабильности не хуже пенопласта.



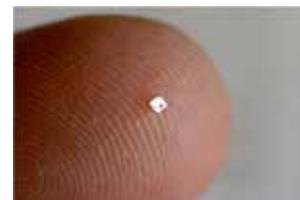
Новый датчик для андроида

Создан миниатюрный датчик для измерения давления в мочевом пузыре.

Агентство «AlphaGalileo», 7 марта 2014 года.

После перелома спины у некоторых пациентов возникает проблема с мочевым пузырем: из-за повреждения нерва перестает поступать сигнал о том, что он наполнен. Это ведет к чрезмерному росту давления и ставит жизнь пациента под угрозу. Проблему можно решить, если проследить за давлением. Так и делают, помещая в тело пациента катетер с датчиком и заполняя мочевой пузырь физиологическим раствором. По результатам измерения медики определяют, требуется пациенту операция или можно обойтись лекарственными препаратами. Очевидно, что это крайне неудобное решение.

Исследователи из норвежского инновационного центра «SINTEF» во главе с Ангелиной Клаусен много лет работали над созданием миниатюрного датчика, способного заменить катетер, и наконец достигли цели. Датчик имеет размер в миллиметр, и его можно поместить под кожу с помощью иголки. Пока что он связан с поверхностью проводком, но вскоре появится новая модификация, передающая радиосигнал, который можно будет ловить смартфоном. Первые испытания датчика пройдут в госпитале Синнааса в апреле 2014 года. Исследователи надеются, что датчик пригодится и для решения других задач. Ну а в перспективе появление такого датчика может стать очередным шагом к созданию совершенных протезов, позволяющих реализовать давнюю мечту фантастов — постепенную замену стареющих органов человека электромеханическими устройствами, то есть переход к обществу андроидов.



Травоядных на луга

Экосистему спасает разнообразие.

Агентство «AlphaGalileo», 7 марта 2014 года.

Травоядные могут не только спасти тундру от пришлых кустарников (см. «Химию и жизнь», 2014, № 3). Они помогают сохранять биоразнообразие и в находящихся под влиянием человека экосистемах умеренных широт. Чтобы увеличить выход биомассы, человек посылает луга и поля удобрениями, которые распространяются и на дикие экосистемы, не включенные в хозяйственный оборот. Результат, что на диком лугу, один и тот же: получив дополнительное питание, быстрорастущие травы ускоряют свое развитие и подавляют низкорослые. Последним достается мало солнца, и они чахнут, исчезая в конце концов из экосистемы. Однако высокорослым травам требуется больше питания и воды, поэтому во время засухи они и погибнут первыми. Если к тому времени засухоустойчивые карлики уже вымерли, луг вообще может опустеть.

Но такого развития событий могут не допустить травоядные. Как показал международный эксперимент, проводившийся в африканской саванне, североамериканской прерии и на швейцарских высокогорных лугах, обилие травоядных стабилизирует экосистемы: они поедают прежде всего высокорослые травы, освобождая жизненное пространство для низкорослых. Этот факт еще раз подчеркивает, сколь важно поддержание природного биоразнообразия для стабильности планетарной экосистемы: каждому виду в ней определено свое уникальное место.

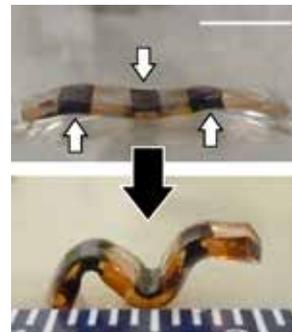
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Самобеглый гидрогель

Червяк из гидрогеля с добавками может ползти/

«Advanced Materials», 4 марта 2014 года; doi: 10.1002/adma.201306137

Доцент Брюс Ли из Мичиганского технологического университета сделал червяка из гидрогеля, в состав которого включены молекулы дофамина. У этих молекул есть интересная особенность: они по-разному взаимодействуют с ионами железа в зависимости от кислотности среды. Так, в кислой среде с ионами связана лишь одна боковая цепь дофаминовой молекулы. Если же растет щелочность, к железу подтягиваются еще три боковые цепи. Это вызывает механические напряжения, и червяк изгибается. Чтобы заставить червяка шевелиться, внутрь его отдельных сегментов поместили железные стрежни и приложили электрический потенциал, который выделил в гидрогель ионы. В результате при изменении кислотности окружающей среды у червяка сжимались только те сегменты, где были ионы железа. Правильно распределив ионы по телу червяка, можно обеспечить любое изменение его формы. В общем, очень похоже на переделанный куплет английской песни: у Пегги жил смысленный глист, он выползать умел на свист...



Доцент Ли утверждает, что есть возможность обратимо менять распределение ионов железа и таким образом заставить червяка многократно менять форму, иными словами, извиваться и ползти. Пока что червяк Брюса Ли двигается очень медленно, но это предполагается исправить за счет использования ионов меди и титана. Есть мнение, что такие червяки помогут доставлять лекарства в труднодоступные места человеческого организма.

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

От сложного к простому

С помощью ретроэволюции можно наладить биосинтез дорогих веществ.

Агентство «NewsWise», 21 марта 2014 года.

Четыре гола назад профессор Брайан Бахманн из Университета Вандербильтда предложил метод ретроэволюции: идти по пути от сложного соединения к простому, чтобы заставить микроорганизм синтезировать вещество, нужное человеку. Теперь этот подход привел к успеху — относительно дешевому биосинтезу диданозина, действующего вещества препарата от СПИДа. Вот как работает такой подход. Для начала был определен самый близкий к конечному веществу предшественник и найден фермент, способный выполнить такое превращение. Ученые синтезировали фрагменты ДНК, кодирующие этот фермент, а затем обработали их так, чтобы вызвать множественные мутации. Эти фрагменты внебрили в клетки кишечной палочки. Экспериментальных бактерий разделили на множество групп, дали им размножиться, наработать фермент, а потом с его помощью провели превращение. Так выявили штамм с самым продуктивным ферментом.

Эту операцию повторили дважды с тем, чтобы дойти до самого простого вещества-предшественника. В итоге удалось получить три фермента, осуществляющих цепочку реакций, — инструмент для биосинтеза дорогого вещества из простого сахара, дидезоксирибозы. «Я считаю, что с помощью предложенного подхода можно быстро научиться синтезировать любое органическое вещество из простых сахаров, причем в значительных количествах», — говорит профессор Бахманн.

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

Реабилитация салак

Вред жирной пищи преувеличен.

Агентство «NewsWise», 21 марта 2014 года.

«Journal of the American College of Nutrition», официальный орган Американского колледжа питания, представил читателям комментарий о жирной пище. Трудно поверить, но в нем не говорится, что животные жиры — абсолютное зло.

Со второй половины XX века, сообщается в комментарии, преобладает гипотеза, связывающая потребление насыщенных жиров с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний. Со временем она вошла в число главных догм питания, животные жиры стали исключать из рациона, а людям с повышенным содержанием холестерина в крови — прописывали статины, его удаляющие. Однако уже в 2010 году метаанализ, то есть обработка опубликованных результатов многих исследований, показал, что эта точка зрения чрезмерно категорична. Недавние публикации указывают, что главные факторы, вызывающие сердечно-сосудистые заболевания, — это рафинированный сахар, транс-жирные кислоты, которые содержатся в заменившем сливочное масло маргарине, а также крахмал и переработанные углеводы с высоким гликемическим индексом. «Наш суд обвинил и приговорил не того человека», — метафорически подводят итог авторы заявления.

Соответственно возникает вопрос к статиновой терапии, которая стала модной с 2001 года. Эти вещества снижают содержание «плохого» холестерина низкой плотности. Однако становится все больше публикаций, в которых отмечено, что только снижение концентрации такого холестерина в крови может быть контрпродуктивным для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Стоит отказаться от догм и посмотреть шире на проблему насыщенных жиров и роли холестерина в организме.



Как рассчитать сверхпроводник

Алексей Колмогоров

Бингемтонский университет,
США

Как начать новую техническую революцию и стать нобелевским лауреатом? Один из очевидных способов — найти материал, сверхпроводящий при комнатной температуре. До сих пор ученые приближались к этой мечте, перебирая и модифицируя известные вещества, однако до цели остается еще полторы сотни градусов. Но вот впервые удалось сначала высчитать, что неизвестное ранее вещество может быть сверхпроводником, а потом синтезировать его и убедиться, что расчет был верен. Не исключено, что именно такой, а не эмпирический способ поиска приведет в конце концов к достижению «горячей» сверхпроводимости.

Квантовая механика и сверхпроводимость

В конце XIX — начале XX века было открыто множество уникальных явлений, перевернувших классическое понимание окружающего мира. Объяснение таких наблюдений, как фотоэлектрический эффект и дискретный спектр атомов, потребовало создания квантовой теории и заставило признать, что поведение материи на микроскопическом уровне подчиняется законам, противоречащим интуитивным представлениям макромира.

Сверхпроводимость — один из самых необычных квантовых эффектов: ее легко наблюдать макроскопически как абсолютно нулевое электрическое сопротивление и полное выталкивание магнитного поля



из материала при низких температурах (эффект Мейснера). Такое идеальное поведение вещества оставалось загадкой почти полвека. Хейке Каммерлинг-Оннес открыв явление сверхпроводимости в 1911 году, феноменологическое описание братья Фриц и Хайнц Лондоны предложили в 1935-м, а первую успешную микроскопическую теорию выдвинули 22 года спустя, в 1957-м, Джон Бардин, Леон Купер и Джон Шриффер (БКШ). Теория БКШ объяснила, как формируется сверхпроводящее состояние при взаимодействии электронов с колебаниями кристаллической решетки (фононами) в одном типе сверхпроводников, известных теперь как фононные или просто БКШ-сверхпроводники.

В этом состоянии электроны соединяются в так называемые куперовские пары и образуют квантовый «коллектив» (конденсат Бозе — Эйнштейна), который переносит ток совершенно без потери энергии. Что заставляет частицы с одинаковым зарядом притягиваться в фононных сверхпроводниках? Представьте, что, перемещаясь по кристаллу, электрон оставляет за собой «хвост» положительного заряда от деформируемой решетки, а другой электрон,двигающийся в противоположном направлении, предпочитает оставаться в такой колее. Это и приводит к появлению куперовской пары.

К сожалению, теория БКШ не может предсказывать температуру перехода в конкретных материалах. Эту проблему решил академик Г.М.Элиашберг в 1960 году, обобщив теории БКШ и электронно-фононного взаимодействия для нормальных металлов, предложенную академиком А.Б.Мигдалом в 1958 году. Казалось, что теперь наконец-то можно будет ускорить разработку новых сверхпроводников и расчет придет на смену методу научного тыка. Однако точное вычисление сверхпроводящих свойств на основании теории Мигдала — Элиашберга было невозможно до разработки таких квантовых методов, как теория функционала плотности (ТФП), и оставалось не по силам самым мощным компьютерам практически до конца XX столетия. Более того, в 1986 году Карл Мюллер и Георг Беднорц открыли совершенно новый вид сверхпроводников с высокой температурой перехода (T_c), не описывающийся в рамках теории БКШ. Причем там, где никто не ожидал, — среди сложных оксидов. Это стало вызовом, который экспериментаторы бросили теоретикам.

Эксперимент против теории

Чтобы определить, будет ли данный материал сверхпроводником, необходимо начать с точного описания энергетических состояний электронов в кристаллах. По законам квантовой механики электроны в атомах могут находиться

только на определенных разрешенных уровнях с энергиями связи до десятков КэВ. (Электрон-вольт — специальная единица, применяемая для измерения энергий отдельных элементарных частиц; один электрон-вольт соответствует работе, которую надо затратить для переноса электрона в электростатическом поле между точками с разницей потенциалов в один вольт, что соответствует $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. — Примеч. ред.) При образовании кристаллической решетки дискретные атомные уровни размываются, образуя разрешенные (для пребывания в них электронов) зоны. Будучи фермионами, электроны не могут находиться в одинаковых квантовых состояниях, поэтому минимальная энергия системы достигается, когда все имеющиеся электронные состояния внутри зоны заполняются снизу вверх. Если самый высокий уровень, заполненный при нулевой температуре, не совпадает с краем разрешенной зоны, он называется уровнем Ферми, а сам материал оказывается металлом, потому что электроны имеют возможность принимать энергию от внешнего электрического поля, попадать на незаполненный уровень в своей же зоне и вследствие этого переносить ток. Поверхность Ферми имеет сложную форму, которая зависит от направления в кристаллической решетке. Оказывается, многие свойства материалов зависят от плотности электронных состояний (ПЭС) на уровне Ферми.

В стремлении к минимуму энергии кристаллы стараются избежать больших ПЭС, что во многих случаях приводит к структурным (пайерлсовским), магнитным (ферро- и антиферромагнитным), или сверхпроводящим переходам, которые понижают энергию на несколько мэВ/атом. Таким образом, поиск стабильных сверхпроводников требует теоретических и вычислительных методов, способных различить возможные структурные и электронные фазовые состояния с полной энергией порядка 10^5 эВ/атом и с точностью до 10^{-4} эВ/атом.

Такая точность, необходимая для теоретического расчета, — одна из причин, почему все новые виды сверхпроводников были открыты экспериментально и зачастую не только случайно, но и вопреки принципам поиска. Так, обобщением экспериментального опыта, накопленного к концу 70-х годов, стали шесть правил Берндта Матиаса из Калифорнийского университета в Сан-Диего: предпочитайте материалы с высокой (кубической) симметрией, высокой ПЭС, держитесь подальше от кислорода, изоляторов, магнетизма и... теоретиков. Исследования, проведенные в последующие годы, показали, что первые пять правил полностью расходятся с реальностью: сверхпроводники

с самой высокой на данный момент температурой перехода 138 К — это допированные слоистые оксидные изоляторы из числа открытых в 1993 году Е.В.Антиповым и С.Н.Путилиным (МГУ им. М.В.Ломоносова) ртутных купратов, а сверхпроводимость (не БКШ) в последнем поколении материалов, основанных на железе, связана, по-видимому, именно с магнетизмом, а точнее, со спиновыми флуктуациями. Такие «железные» сверхпроводники нашли в 2008 году исследователи Токийского технологического института во главе с Хидео Хо-соно; они представляют собой слоистые структуры из редкоземельного оксида, атомов железа и элементов пятой группы Периодической таблицы. Сейчас рекорд в этой группе принадлежит соединению $GdOFeAs$ с добавками фтора — температура сверхпроводящего перехода у него 55 К. Позднее сверхпроводимость нашли у соединений железа с элементами шестой группы, так, у $FeSe$ — 8 К при нормальном давлении.

А вот привести яркие примеры, опровергающие последнее правило, насчет теоретиков, действительно непросто. Наиболее известное предположение Нила Ашкрофта о сверхпроводимости водорода при комнатной температуре — под огромными давлениями — до сих пор не подтвердилось, несмотря на активную экспериментальную работу в этой области. Два редких случая предсказаний, впоследствии подтвержденных экспериментаторами, — сверхпроводимость при больших давлениях в известных структурах кремния (К.Дж. Ченг и М.Л. Коуэн, 1984, Калифорнийский университет в Беркли) и лития (Дж.Б. Нитон и Н.У. Ашкрофт, 1999, Корнелловский университет). Разработка же совершенно новых сверхпроводящих материалов «с нуля» оставалась безуспешной до сего дня и служила темой для шуток. Например, в специальном докладе на конференции «100 лет сверхпроводимости» в 2011 году Марвин Коуэн поведал слушателям, что он предсказал в 2007 году открытие японскими учеными железных сверхпроводников: его предсказание состояло в том, что следующий необычный сверхпроводник найдут именно в Японии. А авторы недавней

статьи в журнале «Physics» от 7 октября 2013 года (doi: 10.1103/Physics.6.109) в известном афоризме «Трудно делать предсказания, особенно о будущем» заменили последние слова на «о сверхпроводниках».

Стабильность структур

Мой интерес к замечательному феномену сверхпроводимости, как и у многих школьников того времени, был вызван открытием высокотемпературных сверхпроводников в 1986 году. Поступив в Московский физико-технический институт, я выбрал кафедру физики низких температур при Институте физических проблем им. П.Л.Капицы. В последующие 15 лет я изучал магнитные пленки и углеродные наноматериалы, разрабатывал модели для описания межатомных взаимодействий с помощью нейронных сетей, а также искал новые материалы, которые было бы интересно синтезировать. Этот опыт в разных областях физики и материалов оказался полезным, когда появилась возможность всерьез заняться разработкой сверхпроводников.

Дело в том, что открытие Юном Акимицу в 2001 году сверхпроводимости с рекордной для БКШ температурой перехода 39 К в ничем не примечательном дибориде магния продемонстрировало еще раз: материалы с необычными свойствами могут находиться у нас прямо под носом. Однако новая волна теоретических предсказаний в последующие годы, увы, не привела к созданию новых сверхпроводников. В 2004 году я начал работать на факультете материалов в Университете Дьюка (США) и пришел к убеждению, что популярные на тот момент стратегии по выявлению новых кандидатов в сверхпроводники имеют серьезные недостатки.

К тому времени сформировалось два подхода. Первый был сосредоточен на поиске кристаллических структур с наилучшими сверхпроводящими свойствами без соответствующего анализа стабильности таких систем. В рамках второго предлагалось искать сверхпроводимость в известных или предполагаемых материалах на основе эмпирических правил либо весьма приближенных методов.

Однако наши расчеты, выполненные в Университете Дьюка, показали, что стабильность и сверхпроводимость материалов связаны намного сильнее, чем предполагалось, и в большинстве случаев не могут сосуществовать. То, что динамическая нестабильность структур, вызванная слишком сильным электронно-фононным взаимодействием, приводит к искажениям решеток, а не к возникновению сверхпроводимости, было хорошо известно. Однако оказалось,

что и термодинамическая стабильность, определяющая, можно ли вообще синтезировать вещество нужного состава и строения, антикоррелирует со сверхпроводящими свойствами. Таким образом, мы пришли к выводу, что хорошо обоснованные теоретические предсказания обязаны включать детальные анализы обоих этих свойств.

Наиболее точные исследования сверхпроводящих свойств в рамках теории БКШ основываются на вычислении функции Элиашберга; она описывает взаимодействие всех электронных состояний около уровня Ферми и всех фононов в кристалле. Полный расчет этой функции даже в простых структурах с несколькими атомами в элементарной ячейке требует десятков тысяч часов работы компьютера. При этом критическая температура из-за своей экспоненциальной зависимости от силы электронно-фононного взаимодействия оценивается весьма неточно.

Определение термодинамической стабильности представляет собой не менее сложную проблему. Например, для расчета основных энергетических состояний в системе двух компонентов нужно рассмотреть все возможные стехиометрии и для каждой оптимизировать размер ячейки и расположение атомов. Так как концентрация может быть практически какой угодно, а количество атомов в ячейке произвольно большим, определение наиболее стабильных структур не гарантировано. Две часто используемые стратегии основываются на широкомасштабном переборе уже известных структур и на оптимизации структур «с нуля» при помощи сложных алгоритмов. Первый подход основывается на том наблюдении, что структурные мотивы имеют тенденцию повторяться в природе и их число не столь уж велико. Этот метод замены элементов в известных структурах достаточно эффективен и привел к ряду интересных предсказаний в группах Гердбранда Седера из Массачусетского технологического института и Стефано Куртароло из Университета Дьюка. Однако, желая открыть совершенно необычные свойства, нужно снять ограничение на возможные конфигурации и, следуя вторым путем, найти еще неизвестные стабильные структуры, что требует большого объема вычислений. Разработка и применение таких методов оптимизации, как эволюционный алгоритм или «случайный» поиск позволили, в частности, определить некоторые экзотичные состояния материи под большими давлениями в группах Артема Оганова (Университет Стони-Брук, см. «Химию и жизнь», 2011, № 10) и Криса Пиккарда (университетский колледж в Лондоне).

В своих первых исследованиях в этой области я обнаружил еще неизвестную бинарную слоистую структуру,

состоящую всего из четырех атомов, и показал, что в системе Li-B она может быть стабилизирована или давлением, или добавлением переходных металлов. К 2007 году возникло убеждение, что, несмотря на огромное количество публикаций о боридах металлов, этот класс материалов таит в себе много сюрпризов, которые могут быть раскрыты с применением улучшенных алгоритмов поиска. К работе над этой идеей удалось приступить в 2008 году, когда я получил большой грант от британского Исследовательского совета по инженерным и физическим наукам (EPSRC) на создание группы в Оксфордском университете.

В мои планы входило объединить широкомасштабный и эволюционный поиски для систематического исследования всех бинарных соединений металлов с бором. Бор был выбран как базовый элемент, потому что этот металлоид способен образовывать необычайно сложные структуры, свойства которых могут быть подстроены добавкой различных металлов. Сочетание сильных ковалентных связей в одно-, двух- и трехмерных сетях бора с металлческими свойствами особенно привлекательно, поскольку именно эти характеристики важны как для твердости (отличительного свойства боридов), так и для сверхпроводимости. Если провести аналогию с железобетоном, бор играет роль арматуры, а металл — бетона.

Расчет боридов

К 2009 году мне удалось разработать автоматизированную программу Module for Ab Initio Structure Evolution (MAISE, Модуль для эволюционного расчета структуры, исходя из первых принципов), которая позволяет идентифицировать стабильные структуры, используя эволюционный принцип. Как и в природе, наиболее стабильные структуры в созданной популяции имеют больше шансов выжить и передать свои характерные черты последующим поколениям. В то же время я начал создание самой большой теоретической базы данных для боридов металлов, которая теперь содержит 12 000 соединений с посчитанными энергиями на квантовом уровне. Комбинация широкомасштабного и направленного методов поиска сразу же привела к неожиданным находкам.

Вместе с коллегами из Бохумского университета (Германия), которые интересовались упрочнением сталей соединениями бора, мы обнаружили близкие к стабильности Fe-B фазы со структурами, наблюдающимися ранее в других системах. Такие результаты встречаются нередко и не приводят ни к чему интересному. Однако в по-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

следующих тестах MAISE сгенерировал две совершенно новые структуры, стабильные при нормальных условиях, для неизвестных на тот момент стехиометрий: FeB_4 и FeB_2 . Это было полной неожиданностью, учитывая, насколько хорошо изучена эта бинарная система, где до сих пор были замечены два стабильных борида — FeB и Fe_2B . Моей первой реакцией было предположение, что мы, скорее всего, видим систематическую ошибку от приближенного вида используемых выражений для расчета энергии. В последующие недели мы перепробовали несколько альтернативных методов расчета, но две новые фазы упорно оставались стабильными. В это время моя студентка Шина Шах осваивала метод вычисления сверхпроводящих свойств под руководством моей коллеги Роксаны Маржине, и я предложил ей попробовать FeB_4 . Когда Шина показала посчитанную несколько раз температуру сверхпроводящего перехода 15–20 К, стало понятно, что мы наткнулись на что-то совершенно нетривиальное. Дело в том, что практически все недавно открытые «железные» сверхпроводники не описываются теорией БКШ, а наши расчеты указывали на обычную фононную сверхпроводимость у этого борида железа.

Как часто бывает в таких случаях, публикация неожиданных результатов в «Physical Review Letters» заняла немало времени — статья вышла в ноябре 2010 года. Меня же мучил вопрос: почему эти термодинамически стабильные фазы никогда не были получены экспериментально? Может быть, переходу в эти фазы препятствуют кинетические факторы, играющие важную роль в формировании боридов при высоких температурах? Нельзя ли направить синтез в желаемом направлении?

Мы провели дополнительные вычисления и опубликовали вторую работу, показывающую, что FeB_4 становится более стабильным под давлением или при смешивании с хромом. При этом оказалось, что структура CrB_4 , известная более сорока лет, была решена неправильно. В последующей работе с коллегами из Китая мы экспериментально подтвердили, что структура CrB_4 такая же, как предсказал MAISE для FeB_4 .

Боридная сверхпроводимость

Тот факт, что вычисления помогли правильно установить структуру известного соединения, был очень обнадеживающим. Но можем ли мы синтезировать совершенно новый материал, да еще со сверхпроводящими свойствами? Я обратился к двум группам, имеющим возможность синтезировать материалы под нестандартными условиями: ударными

сжатиями (в черноголовском Институте физики твердого тела РАН) и напылением пленок (в Бохумском университете). К сожалению, эти попытки привели к формированию только уже известных фаз. С третьей группой в Оксфорде я состыковался совершенно случайно: человек, заметивший меня на остановке автобуса и предложивший подвезти до университета, оказался профессором в области синтеза материалов под высокими давлениями. Я описал свои идеи за несколько минут, и мы направились прямо в его лабораторию, а через неделю они уже получили первый образец. Увы, давления в несколько гигапаскалей, достигаемого в его установках, оказалось недостаточно для создания предсказанных материалов.

Наконец я обратился к Наталии и Леониду Дубровинским в Байройтском университете (Германия), и они заинтересовались этой задачей. Их группы имеют богатый опыт получения фаз под давлением от нескольких гигапаскалей в многоступенчатых установках до сотен гигапаскалей в алмазных наковальнях. В течение года они провели множество экспериментов и сумели выделить небольшое количество чистых кристаллов FeB_4 . Выяснилось, что материал формируется под давлением выше 8 ГПа и остается стабильным (а может быть, метастабильным, это проверить не удалось) при нормальных условиях.

Что же мы узнали из этой серии экспериментов, проведенных моими коллегами из Германии, Бельгии, Италии и Франции? FeB_4 действительно кристаллизуется в новой структуре, точно предсказанной эволюционным методом, и действительно переходит в сверхпроводящее состояние! В дополнение к этому, исследования механических характеристик показали, что он попадает в категорию сверхтвердых материалов, — налицо уникальное сочетание двух «суперсвойств». Интересно отметить, что вместе с FeB_4 группа получила еще один новый материал, Fe_2B_7 , с огромной элементарной ячейкой в 72 атома. Наши последующие вычисления выявили метастабильность этой фазы, так что, даже если бы мы рассмотрели структуры такого размера, предсказание возможности ее формирования выглядело бы просто ясновидением.

Сверхпроводящий переход был обнаружен при 3 К, существенно ниже расчетной оценки. Возможная причина, как мы отмечали в нашей первой теоретической статье, в том, что уровень Ферми находится на краю большого пика в плотности электронных состояний. При отклонении уровня Ферми в неправильную сторону — из-за погрешности вычислений или из-за небольших дефектов в образце — сверхпроводимость действительно может быть подавлена до температуры в тысячные доли

градуса. Наблюдение перехода около 3 К было вполне удовлетворительным, гораздо важнее был вопрос: правильно ли мы предсказали фононный механизм? Я предложил повторить синтез FeB_4 , используя другой изотоп бора, — это стандартный способ выявления механизма БКШ в образовании куперовских пар. Так как масса атомов определяет частоту колебаний решетки, а значит, и силу электронно-фононного взаимодействия, использование изотопов приводит к сдвигу критической температуры. Именно это и было зарегистрировано в новых образцах: температура перехода менялась на 0,06–0,12 К, что близко к грубой оценке изотопного эффекта в таком соединении — 0,05 К. Правильное предсказание сверхпроводящего механизма позволяет предложить способ повышения T_c в последующих экспериментах. Допирование FeB_4 электронами при добавлении кобальта или никеля может сдвинуть уровень Ферми в пик ПЭС и заметно поднять температуру перехода. Здесь уместно вспомнить, что первые оксидные и железные сверхпроводники тоже имели непримечательные T_c и их рекордные температуры были в итоге достигнуты с помощью всевозможных добавок.

Открытие, о котором рассказывается в этой статье, — только один из первых примеров того, как в будущем станут разрабатывать новые материалы с необычными свойствами. Если сверхпроводимость при комнатной температуре действительно возможна, она, скорее всего, будет достигнута в не-БКШ-материалах. Для их разработки вычислительными методами нам нужно сначала прийти к консенсусу: что определяет это квантовое состояние в нефононных сверхпроводниках? Активная вычислительная работа ведется также по поиску новых катализаторов, термоэлектриков, электродных материалов для батарей. Теоретические и вычислительные методы становятся все эффективнее и точнее, и это дает повод для оптимистических предположений: вероятно, экспериментальная работа в самых разных областях физики и химии вскоре будет упрощена конкретными предсказаниями.

Подробнее о программе MAISE можно прочитать здесь: <http://maise-guide.org>

Грязный ноутбук, или Тайны «чистой» технологии

В.В. Панюшкин

Маленький отчет большой компании

Общественность, обеспокоенная нарастающими выбросами углекислого газа в атмосферу, как правило, фокусирует свою тревогу на деятельности компаний, которые добывают и перерабатывают сырье, занимаются энергетикой и крупнотоннажным материальным производством. При этом мало кто задумывается об экологичности ноутбуков, смартфонов, планшетов и других гаджетов, полагая, вероятно, что если эти маленькие устройства и могут чем-то загрязнить окружающую среду, то лишь избыточной информацией.

Так ли это? Давайте обратимся к сайту одного из лидеров информационных технологий — компании Apple. На странице, посвященной экологии и эффективности энергопотребления ее продуктов, можно прочитать, что Apple создает свои ноутбуки и телефоны настолько энергоэффективными, насколько это возможно. Даже самые неэффективные из ее продуктов втрое лучше строгих стандартов энергопотребления Energy Star 6.0, которые составляют 25 киловатт-часов в год для ноутбука. Если поверить этим заявлениям и пересчитать на ватты, то получится, что MacBook потребляет меньше одного ватта энергии в час — в сто раз меньше обычной стоваттной лампочки накаливания. Впечатляюще, не правда ли?

Есть только одна странность. В небольшом отчете (три страницы) той же компании Apple сказано, что, например, 15-дюймовый MacBook Pro с ретина-дисплеем за время своей жизни (четыре года) выбрасывает в атмосферу 690 кг углекислого газа. Это то же самое энергопотребление, выраженное в килограммах CO₂. С помощью простого коэффициента эти килограммы можно перевести в киловатт-часы электроэнергии, произведенной на электростанции. Такие коэффициенты рассчитывают специальные организации по международным протоколам, таким, в частности, как Greenhouse Gas Protocol. Их используют,

чтобы выяснить, как влияет производство на окружающую среду. Понятно, что для разных источников энергии и разных стран коэффициенты оказываются различными. Например, в Америке при получении киловатт-часа энергии производится около полукилограмма углекислого газа. В Китае, где находится большая часть заводов по производству электроники, коэффициент составляет около 0,87 кг/кВт·ч. В мире же «средняя температура по больнице» — около 0,44 кг CO₂/кВт·ч. Эта цифра получается отчасти из-за развитых постиндустриальных стран, следящих за вредными выбросами (Австрия — 0,16; Франция — 0,09; Норвегия — 0,02), а отчасти из-за стран не производящих самостоятельно электроэнергию сжиганием ископаемого топлива, но, тем не менее, включенных в статистику, потому что сколько-то электричества они все-таки потребляют, выбрасывая при этом мизерные количества CO₂ (Ангола — 0,23; Эфиопия — 0,12; Конго — 0,003).

Так вот, если пересчитать 690 кг CO₂ в киловатт-часы по этим коэффициентам, то глаза на лоб начинают лезть. Даже с консервативными китайскими коэффициентами мы получаем 800 кВт·ч, или 200 кВт·ч в год, почти в десять раз больше, чем стандарт Energy Star.

Впрочем, не все так просто. Из диаграммы (рис. 1) следует, что львиная доля энергии, 75%, уходит на производство макбука, а не на его эксплуатацию. Однако именно энергию, расходуемую при использовании этого устройства, учитывает стандарт Energy Star. А она

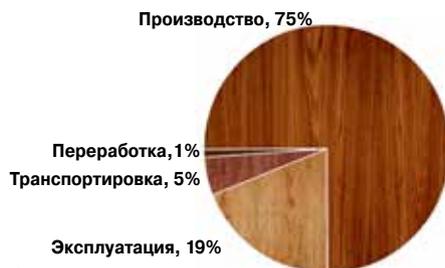
составляет всего 19%. При суммарном энергопотреблении в 200 кВт·ч/год это 38 кВт·ч/год, что заметно больше 25 кВт·ч/год по стандарту.

У этой явной нестыковки могут быть два объяснения: либо существуют какие-то дополнительные выбросы углекислого газа, не связанные с затратами электроэнергии, что маловероятно, либо компания занижает затраты энергии на производство. Ведь если предположить, что реальный расход энергии при использовании ноутбука — 20 кВт·ч/год, то, чтобы получить вышеприведенные 800 кВт, доля производства в энергозатратах должна быть около 87%, а не 75%, как написано в отчете. Впрочем, проверить правдоподобность этого предположения не представляется возможным, потому что описанию технологии производства ноутбука и связанным с этим затратам энергии не уделено ни строчки.

Мы далеки от того, чтобы обвинять компанию Apple в намеренном сокрытии информации. Она, по сути, лишь следует общемировому тренду. Если попытаться отыскать данные об энергозатратах, связанных с производством микроэлектроники, то самой актуальной публикацией оказывается статья, написанная Эриком Уильямсом в 2004 году, где автор анализирует компьютер, сделанный в конце 90-х. А для многих более современных технологий таких исследований просто не существует.

Так все же насколько экологично производство ноутбуков и айпадов? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно сделать полный анализ производства, использования и утилизации каждой из деталей современного компьютера. Это производство включает в себя десятки, а иногда и сотни стадий, практически каждая применяет высокие технологии, многие из которых к тому же засекречены. Такое исследование под силу только большой группе аналитиков, обладающих к тому же беспрецедентным доступом к различного рода информации о производственных процессах.

Мы можем оценить ситуацию не более чем в первом приближении, и то лишь в части производства самой высокотехнологичной, а значит, и самой энергозатрат-



1
За время своей жизни (четыре года) 15-дюймовый MacBook Pro с ретина-дисплеем выбрасывает в атмосферу 690 кг углекислого газа. Большая часть этих выбросов связана с весьма энергозатратным производством ноутбука

ной детали современных компьютеров — процессора. Основываясь на упомянутом выше анализе 2004 года, мы сделаем примерную прикидку энергетических и материальных затрат на каждой стадии и в заключение попробуем дать общую оценку ноутбуку, описанному в начале, исходя из доступных для нас цифр.

От песка до кремния

Ключевая деталь современного электронного устройства — микропроцессор, основа которого — подложка из ультрачистого кремния. Поэтому производство процессоров начинается с получения кремния.

Кремний — второй по распространенности элемент в земной коре после кислорода. На его долю (по массе) приходится 27,7% земной коры. В природе

он обычно встречается в виде сложных силикатов, то есть соединений оксида кремния с оксидами металлов, составляющих до 90% массы земной коры, а также, более редко, в виде чистого SiO_2 , кварца. Тот же диоксид кремния, только мелкокристаллический, — основной компонент обычного песка. Из него и получают кремний для промышленности.

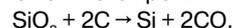
В сущности, процесс получения кремния из песка напоминает выплавку чугуна из железной руды: кремний восстанавливается из диоксида благодаря коксу в дуговых электрических печах:

Смесь песка с коксом поступает в кратер печи, нагревается до 2000°C электрической дугой, образующейся между углеродными электродами. При таких температурах углерод кокса и электродов взаимодействует с оксидом кремния, превращаясь в газообразный монооксид



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

углерода, и восстанавливает песок до элементного кремния:



Расплавленный кремний стекает через специальное отверстие внизу печи. После первичной очистки от шлака и газов кремнию дают остыть, а потом дробят. На выходе в зависимости от используемых в производстве методов очистки получается кремний либо технической (95—98%), либо металлургической (98—99,9%) чистоты.

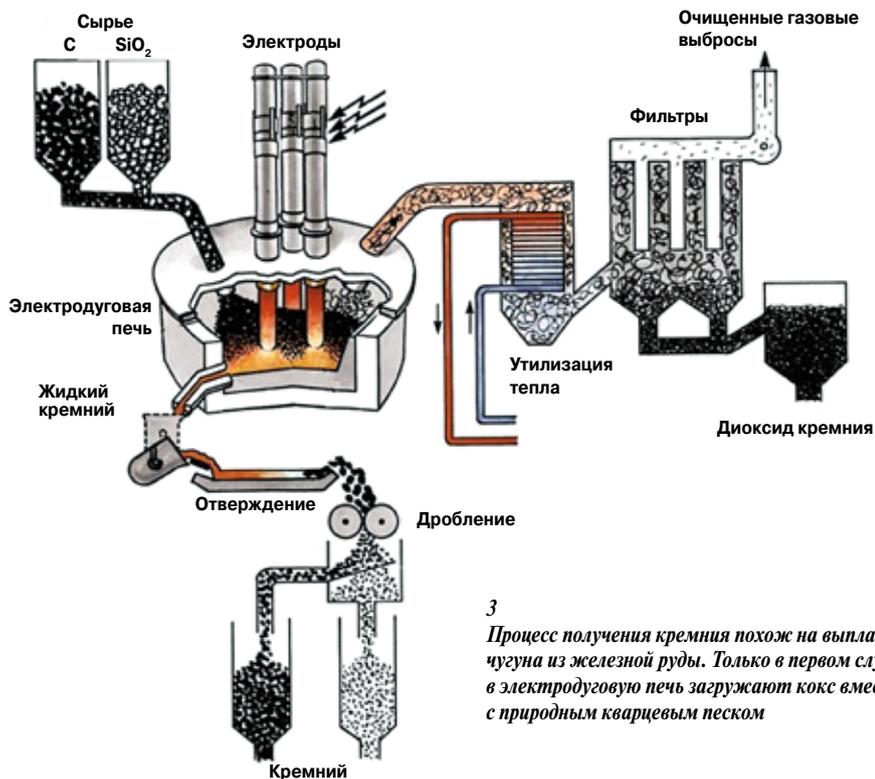
Эта стадия, самая архаичная и грубая, может показаться довольно энергозатратной: все-таки печь, высокая температура... Но в расчете на килограмм получаемого кремния она оказывается одной из самых экономичных — всего 13 кВт·ч при выходе кремния 90%. И это свойственно почти всем старым промышленным методам промышленного производства, таким, как металлургия или даже производство электрических или бензиновых двигателей. Затрачивая довольно много энергии, они выпускают огромное количество продукции, пусть и не особо чистой, без сверхсложной микроскопической структуры. Она служит долго, ее легко утилизировать. К сожалению, таких стадий в современном производстве микропроцессоров очень мало.



2 Кремний извлекают из природного кварца — чистого SiO_2



4 Вот так выглядит технический или металлургический кремний с чистотой до 99,9%. Чтобы быть пригодным для электроники, ему предстоит дальнейшая очистка



3 Процесс получения кремния похож на выплавку чугуна из железной руды. Только в первом случае в электродуговую печь загружают кокс вместе с природным кварцевым песком

Девять девяток

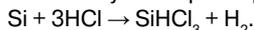
Большую часть кремния технической и металлургической чистоты используют в качестве компонента при производстве сплавов, таких, например, как ферросилиций (с железом) или силумин (с алюминием), а также в качестве легирующей добавки или модификатора свойств при производстве чугуна, бронзы и сталей. Только небольшую часть металлургического кремния очищают, чтобы дальше использовать в полупроводниковой промышленности.

Вообще, кристаллический кремний высокой чистоты подразделяют на кремний солнечного качества и кремний электронного качества — в зависимости от предназначения. Солнечный кремний содержит более 99,99% кремния по весу и идет на производство солнечных батарей. Наиболее чистый — электронный. Кремний с чистотой более 99,999% используют

для изготовления электронных приборов: интегральных микросхем, чипов памяти и процессоров. Содержание примесей в таком кремнии может различаться, но для производства процессоров последних поколений нужен самый чистый кремний, в котором содержание основного вещества составляет 99,9999999% (так называемые девять девяток).

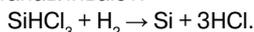
Как добиться такой умопомрачительной чистоты? Металлургическому кремнию предстоит пройти долгий путь превращений, прежде чем он сможет претендовать на место подложки в интегральных схемах. Но все по порядку.

Измельченный в порошок металлургический кремний в специальном реакторе обрабатывают хлористым водородом при 300°C и получают трихлорсилан SiHCl_3 :



На этой стадии выход полезного продукта составляет около 90%, а потребление электроэнергии на превращение килограмма кремния в трихлорсилан — 50 кВт·ч.

Трихлорсилан — летучее вещество, он кипит всего лишь при 31,8°C. Это дает возможность отогнать его пары и очистить их тем же методом дистилляции, который используют при получении многих чистых веществ: спирта, воды и т. д. В отогнанном паре уже почти нет вредных, электрически активных примесей (Al, P, B, Fe, Cu или Au) — меньше одного атома на миллиард атомов кремния. Остается только выделить очищенный кремний обратно из силана. И тут аналогии с обычной перегонкой заканчиваются. Вместо охлаждения нагретый трихлорсилан смешивают с водородом и восстанавливают:



Смесь силанов и водорода омывает кремниевые стержни (либо крошку в кипящем слое), нагретые до 650—1300°C, на которых и осаждается свободный кремний с чистотой вплоть до девяти девяток. Эта технология получила название Сименс-процесс, поскольку была разработана в свое время компанией Siemens.

Реакция протекает в больших вакуумных камерах в течение 200—300 часов, в результате образуются бруски ультрочистого поликристаллического кремния диаметром 150—200 мм. На этой стадии выход составляет лишь чуть больше 40%, а затраты энергии доходят до 250 кВт·ч на килограмм полученного продукта. И это не



5
А вот результат Сименс-процесса — кремний с чистотой девять девяток

считая того, что хлороводород, используемый в этом процессе, да и сами силаны — ядовитые вещества и отходы такого производства становятся экологической проблемой. А значит, к энергетическим затратам надо прибавить еще и энергию, необходимую для утилизации отходов и очистки газообразных выбросов.

Альтернативы Сименс-процессу сегодня пока нет. Существуют его модификации, использующие разложение силана SiH_4 , тетрахлорсилана SiCl_4 или других галогенидов кремния, таких, как фторид SiF_4 . Они бывают удобными для удаления некоторых специфических примесей и более выгодными по сравнению с Сименс-процессом с точки зрения энергоёмкости и материалоемкости. Недостаток их в том, что другие галогениды кремния еще более вредны, и это опять-таки приводит к дополнительным расходам энергии на утилизацию загрязнений, а силан хоть и экологичнее, но менее удобен с технологической точки зрения.

Объединение кристаллов

Следующая стадия — получение монокристаллического кремния высокой чистоты методом Чохральского. Метод открыл польский химик Ян Чохральский в 1916 году. Причем открыл по воле случая: уронил в расплавленное олово ручку и стал вытаскивать. А вместе с ручкой из расплава начала вытягиваться оловянная нить, прицепившаяся к металлическому перу. Чохральский поставил эксперимент, но не с пером, а с кусочком олова. Эффект повторился, а застывшая оловянная нить имела монокристаллическую структуру.

Выращивание монокристаллов методом Чохральского происходит следующим образом. Дробленый поликристаллический кремний (шихту) закладывают в кварцевый тигель, из установки откачивают воздух, нагнетают в нее инертный аргон, а затем нагревают тигель до 1500°C, чтобы кремний расплавился. Теперь можно опускать затравочный монокристалл кремния, закрепленный на подвеске. Как только он коснется поверхности расплава, его начинают медленно вытягивать в обратном направлении. Размер образующегося кристалла зависит от температуры расплава и скорости, с которой мы вытаскиваем затравку. В ре-

зультате получаются сверхчистые цилиндрические слитки монокристаллической структуры диаметром до 45 см.

По данным Уильямса, получение монокристаллов методом Чохральского требует 250 кВт·ч на килограмм монокристаллического кремния при потерях, составляющих примерно половину исходного кремния.

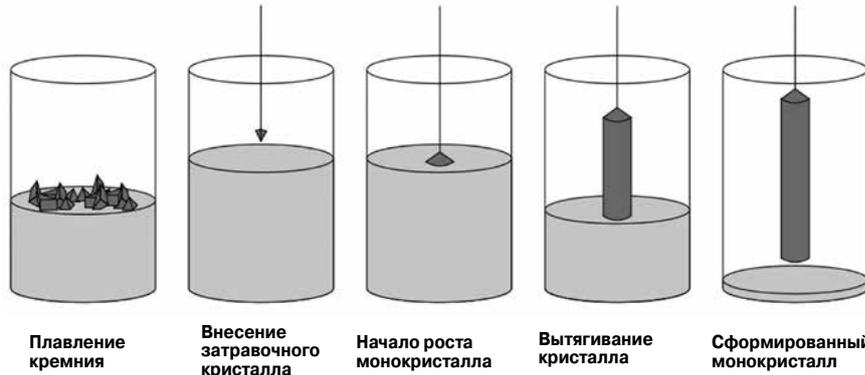
Предварительные итоги

Теперь из монокристаллов электронной чистоты предстоит изготовить кремниевые подложки для микросхем. Сначала из слитков вырезают части, пригодные для этих целей по своим структурным, геометрическим и электрофизическим свойствам. Затем их калибруют под определенный диаметр и нарезают на пластины диаметром до 45 см и толщиной в несколько сот микрометров. Последний штрих — механическая и химическая полировка, чтобы поверхность была гладкой, без дефектов и шероховатостей (не более 1 мкм).

Сколько энергии мы потратили на всех описанных стадиях? Простым сложением здесь не обойтись: фактические суммарные энергозатраты всегда будут больше. Поскольку на каждой стадии материал теряется, в конечном счете на изготовление одного килограмма подложек тратится почти 23 кг кварца и 2130 кВт·ч электроэнергии. Эти цифры, взятые мной из статьи Уильямса, датируются 2000 годом. Но процесс изготовления кремниевых подложек с тех пор практически не изменился, и, считая, что в одном компьютере используется примерно 110 см² (около 15 граммов) подложки, мы получаем вполне значительную величину в 38 кВт·ч энергии, затраченной на получение кремниевых подложек для одного компьютера.

При этом сам Уильямс оценивает ошибку в своей оценке примерно в 30%, так что эта цифра в любом случае не более чем ориентировочная. Но и это уже немало. Однако главное все еще впереди.

6
Выращивание кристаллов методом Чохральского — процесс простой: в жидкий кремний вносят затравку, а затем очень медленно ее вытягивают



Производство процессоров

Производство микрочипов с субмикронными размерами элементов — один из самых сложных процессов в современной промышленности. Эта технология вобрала в себя множество физико-химических манипуляций и требует нанометровой точности, которая достижима только при абсолютной стерильности производственного помещения. В цеху соблюдается так называемая электронная гигиена: в рабочей зоне, где обрабатывают полупроводниковые пластины, и на операциях выращивания кристалла в литре воздуха не должно быть более пяти пылинок размером 0,5 мкм. Для сравнения: стандарты чистоты хирургических операционных допускают содержание в тысячи раз большего количества пыли.

Чип — это не просто кремниевая пластинка, а сложная многослойная полупроводниковая конструкция, введенная на кремниевой подложке. Производство чипов состоит более чем из трех сотен операций, и один производственный цикл может длиться до нескольких недель (о том, как делают чипы, читайте в подверстке к этой статье). Практически на каждой стадии используются вредные химикаты, сверхточное оборудование и энергозатратные физические методы, такие, как лучевое травление и ионная имплантация. Причем эти операции повторяются для каждого из пары десятков слоев, составляющих процессор. Плюс затраты энергии на сверхмощную систему вентиляции и фильтрации, обеспечивающую стерильность.

Неудивительно поэтому, что масса топлива, необходимого для производства одного процессора, в тысячи раз больше массы самого чипа (всего пара граммов). Общие же затраты энергии в сотни тысяч раз больше, чем на обычном производстве, скажем, пластика или металла, из которых в дальнейшем делают корпуса компьютеров.

По данным исследований десятилетней давности, на производство 1 см^2 полупроводниковой схемы уходит около 2 кВт·ч электроэнергии. Ядро процессора — около 2 см^2 . Но, во-первых, процессор — это многослойная полупроводниковая конструкция, содержащая до 20 слоев, поэтому предложенную цифру необходимо увеличить хотя бы раз в пять. Во-вторых, за десять лет масштаб элементов процессора уменьшился на порядок. В начале двухтысячных размер транзистора составлял около 0,2 мкм, сейчас — 22 нм, в десять раз меньше. Это значит, что на той же площади кристалла транзисторов стало в сто раз больше. Понятно, что это не повысило затраты энергии ни в сто раз, ни даже в десять, но раза в два-три, наверное, могло. Понятно также, что благо-

даря этому размеры самого ядра можно было уменьшить, однако эти расчеты все равно дают энергозатраты около 40 кВт·ч на производство одного процессорного ядра весом, может быть, меньше четверти грамма. Эти 200 МВт·ч электроэнергии на килограмм продукта — сравнимы с энергией, производимой за тот же час полноценной электростанцией.

Напомню, что даже в работах, на которые я опираюсь, погрешность была порядка 30%. А тут я ввел еще несколько множителей, по поводу каждого из которых мог сильно ошибиться как в ту, так и в другую сторону, поэтому мои цифры оказываются, мягко говоря, неточными. Но, как я уже говорил, это лишь прикидка, дающая представление о том, сколько энергии мы действительно тратим на производство компьютеров. Теперь остается только суммировать цифры, чтобы получить картинку, описывающую реальность в первом приближении.

Итого

Итак, сколько же энергии мы расходует на производство одного макбука? Его сердце, четырехъядерный процессор Intel Core i7, обходится нам в 150 кВт·ч; процессор видеокарты — еще около 30 кВт·ч; 16 Гб оперативной памяти и 2 Гб видеопамяти, то есть около 40 чипов по 2 см^2 каждый, — 160 кВт·ч. Сама компания Apple в своем отчете пишет, что масса микросхем в их ноутбуке составляет примерно 200 граммов. Пусть процессор — 20 г, память около 30 г, видеокарта — еще 50 г, остается 100. Это должны быть материнская плата и остальные микросхемы. Пусть порядка половины этих граммов соответствует сантиметрам квадратным полупроводников — получается еще 100 кВт·ч. Всего — 440 кВт·ч.

Теперь просуммируем все остальное. Производство кремниевых подложек — 40 кВт·ч; производство печатных плат — 15 кВт·ч; новейший дисплей Retina со сверхвысоким разрешением (допустим, раза в два затратней, чем электронно-лучевая трубка десятилетней давности, на которую уходило 70 кВт·ч) — около 150 кВт·ч. Жесткие диски и прочие детали — 120 кВт·ч. Энергия, затраченная на получение исходных материалов (сталь, алюминий, пластик и т. д.), около 20 кВт·ч на кг, — 40 кВт·ч на 2 кг ноутбука. Сборка, которая наверняка стала проще и легче за прошедшие десять лет, — около 40 кВт·ч. Еще очень большой вклад дает получение химикатов и оборудования, используемых при производстве полупроводников и компьютеров, — около 300 кВт·ч на один компьютер (здесь я не пытаюсь пересчитывать данные, взятые из работы Уильямса, потому что никаких критериев для такого пересчета у меня нет, и надеюсь, что средние значения



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

для отрасли не сильно изменились за прошедшие годы). Затраты на упаковку, транспорт, документацию и прочие связанные процессы можно, наверное, уменьшить соответственно с уменьшением массы компьютера — примерно 45 кВт·ч. В сумме, по моим подсчетам, на производство одного MacBook Pro с дисплеем Retina затрачивается примерно 1200 кВт·ч общей энергии.

И ведь мы еще не учли энергию, затрачиваемую на утилизацию таких сложных отходов, как старые ноутбуки. Процесс это трудный и невыгодный, поэтому старые компьютеры либо хранят, либо увозят в страны третьего мира и сваливают на огромных свалках. Если же прибавить расходы энергии при использовании и утилизации, получится, наверное, что-то около 1500 кВт·ч за четыре года жизни ноутбука, или 375 кВт·ч в год (кстати говоря, в 15 раз больше стандарта Energy Star).

Ну что можно сказать? Мы получили цифру, отлично совпадающую с данными из эппловского отчета, если килограммы CO_2 пересчитывать в киловатт-часы по среднему мировому коэффициенту (0,44 кг CO_2 /кВт·ч). И это, с одной стороны, говорит в пользу компании Apple, ведь они более-менее правдиво указали хотя бы эту цифру. С другой стороны, если это действительно так, то доля использования, транспортировки и утилизации, которым посвящен весь этот отчет, составляет не 25%, а всего лишь 7%. Остальные 93% — это производство, о котором не сказано было ни слова.

Если же пересчитать с коэффициентами для Китая (0,87 кг CO_2 /кВт·ч), то суммарные выбросы составят 1300 кг углекислого газа. Для сравнения: машина в год (пробег 10 000 км) вырабатывает чуть больше тонны углекислого газа.

Так что хоть современная электроника и производит впечатление экологичной, впечатление это обманчиво. Ее производство требует огромных затрат и возможно лишь благодаря дешевой энергии, которую мы получаем от сжигания угля, нефти и газа. Конечно, ваш ноутбук не дымит как паровоз. Но это вовсе не означает, что он безопасен для окружающей среды.



Как делают чипы?

Производство крошечных чипов, дающих жизнь ноутбуку, — одно из самых сложных и изощренных. Оно состоит более чем из трех сотен операций, и один производственный цикл может длиться до нескольких недель. Как выглядит этот процесс в упрощенном виде?

Наносим слой кремния

Первое, что необходимо сделать, — создать на поверхности кремниевой подложки диаметром в 30 см дополнительный слой. Атомы кремния наращивают на подложку методом эпитаксии: они постепенно оседают на кремниевую поверхность из газовой фазы. Процесс протекает в вакууме, ничего лишнего здесь нет, поэтому в результате на поверхности образуется тончайший слой чистейшего кремния с той же кристаллической структурой, что и кремниевая подложка, только еще чище. Иными словами, мы получаем несколько улучшенную подложку.

Наносим защитный слой

Теперь на поверхности подложки надо создать защитный слой, то есть попросту окислить ее, чтобы образовалась тончайшая пленка оксида кремния SiO_2 . Ее функция очень важна: оксидная пленка в дальнейшем будет мешать электрическому току утекать с пластины. Кстати, в последнее время вместо традиционного диоксида кремния компания Intel стала использовать high-k-диэлектрик на основе оксидов и силикатов гафния, у которых более высокая по сравнению с оксидом кремния диэлектрическая проницаемость k . Слой high-k диэлектрика делают примерно в два раза толще, чем слой обычного SiO_2 , за счет сужения соседних областей, но благодаря этому при сравнимой емкости ток утечки удается уменьшить в сто раз. Это позволяет продолжать миниатюризацию процессоров.

Наносим слой фоторезиста

На защитный слой оксида кремния необходимо нанести фоторезист — полимерный материал, свойства которого изменяются под воздействием излучения. Чаще всего в этой роли выступают полиметакрилаты, акриловый эфир и фенлформальдегидные смолы, которые разрушаются под воздействием ультрафиолета (этот процесс называется фотолитографией). Их наносят на вращающуюся подложку, опрыскивая ее аэрозолем упомянутого вещества. В принципе

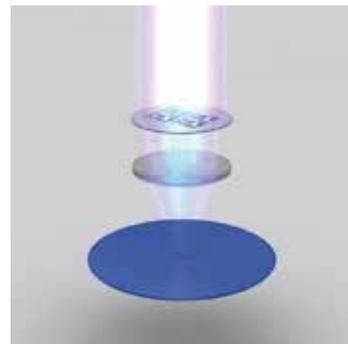
можно также использовать электронный луч (электронно-лучевую литографию) или мягкое рентгеновское излучение (рентгеновскую литографию), подбирая к ним соответствующие чувствительные вещества. Но мы рассмотрим традиционный процесс фотолитографии.



Облучаем ультрафиолетом

Теперь подложка готова к контакту с ультрафиолетом, но не напрямую, а через посредника — фотомаску, которая играет роль трафарета. По сути, фотомаска —

это рисунок будущей микросхемы, только увеличенный в несколько раз. Чтобы спроецировать его на поверхность подложки, используют специальные линзы, уменьшающие изображение. Это дает поразительную четкость и точность проекции.



Ультрафиолет, проходя через маску и линзы, проецирует изображение будущей схемы на подложку. На фотомаске будущие рабочие участки интегральной микросхемы прозрачны для ультрафиолета, а пассивные участки — наоборот. В тех местах на подложке, где должны быть расположены активные структурные элементы, облучение разрушает фоторезист. А на пассивных участках разрушение не происходит, потому что туда ультрафиолет не попадает: трафарет он и есть трафарет. Химическая реакция, которая происходит в слое под воздействием ультрафиолета, очень похожа на реакцию в пленке, происходящую во время фотографирования. Разрушенный фоторезист легко растворяется, поэтому убрать с подложки продукты разложения несложно. Кстати, для создания одного процессора бывает необходимо до 30 различных фотомасок, поэтому этап повторяют по мере нанесения слоев друг на друга.

Словарик

Для тех, кто рискует запутаться в подложках, чипах, процессорах и кристаллах, приводим маленький словарь терминов.

Подложка — круглая монокристаллическая кремниевая пластина диаметром от 10 до 45 см, на которой выращивают полупроводниковые микросхемы методом эпитаксии.

Кристалл, чип, интегральная микросхема — не связанная с другими часть подложки с выращенной на ней многослойной системой транзисторов, соединенных медными контактами. В дальнейшем используется как основная часть микропроцессора.

Лиганд (легирующая примесь) — в случае полупроводниковых материалов вещество, атомы которого встраиваются в решетку кристалла кремния, изменяя его проводимость.

Процессор, микропроцессор — центральный вычислительный элемент современных компьютеров. Состоит из кристалла, помещенного на контактную площадку и закрытого теплоотводящей крышкой.

Фотомаска — полупрозрачная пластина с рисунком, сквозь который проходит свет при облучении фоторезиста.

Фоторезист — полимерный светочувствительный материал, свойства которого, например растворимость, изменяются после воздействия на него определенного типа излучения.

Эпитаксия — закономерный ориентированный рост одного кристалла на поверхности другого. В данном случае слово «кристалл» употребляется в своем основном значении. Существует множество методов получения упорядоченных кристаллов, основанных на эпитаксиальном наращивании.

Травим

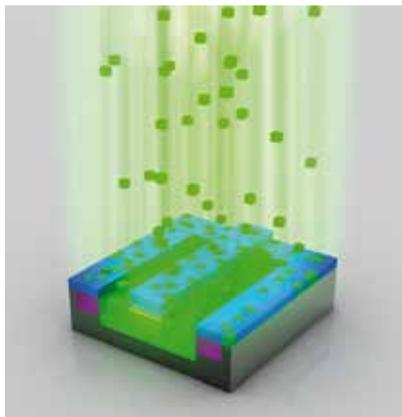
Итак, рисунок будущей схемы со всеми элементами размером вплоть до нескольких нанометров перенесен на поверхность подложки. Области, где защитный слой разрушился, теперь должны быть вытравлены. При этом пассивные участки не пострадают, поскольку они защищены полимерным слоем фоторезиста, который не разрушился на предыдущей стадии. Облученные области вытравливают либо химическими реагентами, либо физическими методами.

В первом случае, чтобы разрушить слой диоксида кремния, используют составы на основе фтористоводородной кислоты и фторида аммония. Жидкостное травление — дело хорошее, но есть проблема: жидкость так и норовит затечь под слой резиста на соседних пассивных участках. А в результате детали вытравленного рисунка по размеру оказываются больше, чем предусмотрено маской. Поэтому предпочтительнее сухой физический метод — реактивное ионное травление с помощью плазмы. Для каждого материала, подвергаемого сухому травлению, подбирают соответствующий реактивный газ. Так, кремний и его соединения травят хлор- и фторсодержащей плазмой ($\text{CCl}_4 + \text{Cl}_2 + \text{Ar}$, $\text{ClF}_3 + \text{Cl}_2$, CHF_3 , $\text{CF}_4 + \text{H}_2$, C_2F_6). Правда, у сухого травления тоже имеется недостаток — меньшая по сравнению с жидкостным травлением селективность. К счастью, на этот случай есть универсальный метод — ионно-лучевое травление. Оно пригодно для любого материала или сочетания материалов и обладает наивысшей среди всех методов травления разрешающей способностью, позволяя получать элементы с размером менее 10 нм.

Легируем

Теперь настало время ионной имплантации. Она позволяет внедрить практически любые химические элементы в необходимом количестве на заданную глубину на протравленных участках, где обнажилась кремниевая подложка. Цель этой операции — изменить тип проводимости и концентрацию носителей в объеме полупроводника для получения нужных свойств, например — требуемой плавности p-n-перехода. Самые распространенные легирующие примеси для кремния — это фосфор, мышьяк (обеспечивают электронную проводимость n-типа) и бор (дырочную проводимость p-типа). Ионы имплантируемых элементов в виде плазмы разгоняют до высоких скоростей электромагнитным полем и бомбардируют ими подложку. Энергичные ионы проникают в незащищенные участки, погружаясь в образец на глубину от нескольких нанометров до нескольких микрометров.

После внедрения ионов фоторезистивный слой удаляют, а полученную конструкцию отжигают при высокой



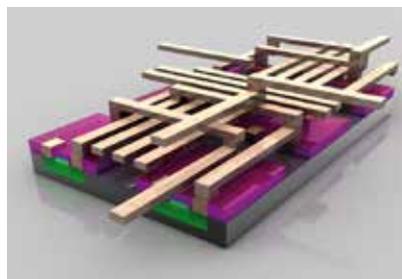
температуре, чтобы восстановилась нарушенная структура полупроводника и ионы лиганда заняли узлы кристаллической решетки. В целом первый слой транзисторов готов.

Делаем окна

Поверх полученного транзистора необходимо нанести изолирующий слой, на котором тем же методом фотолитографии вытравливают три «окна». Через них в дальнейшем будут создаваться контакты с другими транзисторами.

Наносим металл

Теперь всю поверхность пластины покрывают слоем меди с помощью вакуумного напыления. Медные ионы проходят от положительного электрода (анода) к отрицательному электроду (катоде), роль которого играет подложка, и садятся на него, заполняя окна, созданные с помощью травления. Затем поверхность полируют, удаляя лишнюю медь. Металл наносят в несколько этапов, чтобы создать межсоединения (их можно представить как соединительные провода) между отдельными транзисторами. Раскладка таких межсоединений определяется



архитектурой микропроцессора. Таким образом в современных процессорах устанавливаются связи между примерно 20 слоями, формирующими сложную трехмерную схему. Количество слоев может меняться в зависимости от типа процессора.

Тестируем

Наконец наша пластинка готова к тестированию. Главный контролер здесь — зондовые головки на установках автоматиче-



ТЕХНОЛОГИИ И ПРИРОДА

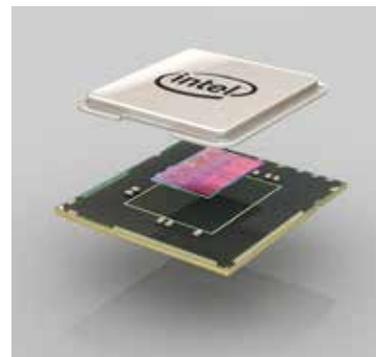
ской разбраковки пластин. Прикасаясь к пластинкам, они измеряют электрические параметры. Если что не так — помечают бракованные кристаллы, которые затем отбрасывают. Кстати, кристаллом в микроэлектронике называют единичную интегральную микросхему произвольной сложности, размещенную на полупроводниковой пластине.

Режем

Далее пластины разделяют на единичные кристаллы. На одной подложке диаметром 30 см помещается около 150 микросхем размером примерно 2x2 см. Для разделения пластину либо надрезают алмазным резцом или лазерным лучом, а потом разламывают по готовым надрезам, либо сразу разрезают алмазным диском.

Процессор готов!

После этого соединяют контактную площадку, обеспечивающую связь процессора с остальной системой, кристалл и крышку, отводящую тепло от кристалла к кулеру.



Процессор готов! По моим (наверняка очень неточным) прикидкам, на изготовление одного современного процессора, такого, например, как четырехъядерный Intel Core i7, необходимо затратить около месяца работы сверхсовременной фабрики и 150 кВт·ч электроэнергии. При этом масса кремния и химикатов, расходуемых на один кристалл, исчисляется максимум граммами, меди — долями грамма, золота для контактов — миллиграммами, а лигандов вроде фосфора, мышьяка, бора — и того меньше.

В.В. Панюшкин

В зеркале патентной статистики

Доктор экономических наук

В.Г. Зинов,

доктор химических наук

Г.В. Эрлих

Спросите любого: какие страны технологически наиболее развиты? И незамедлительно получите ответ на уровне ощущений: США, Япония, Германия, Южная Корея, Великобритания... Но есть ли количественные оценки, которые могут эти ощущения подкрепить?

Оценивать уровень технологического развития стран можно по-разному. Однако есть хороший критерий, применимый ко всем государствам, — количество патентов или заявок, поданных на получение патентов в течение года, а также их содержание. Мировые базы патентов дают широкие возможности для анализа, поскольку содержат полную, если не исчерпывающую информацию. Полную потому, что каждый патент обязательно публикуется, чтобы быть доступным в любой точке мира. В противном случае процедура патентования и охранительная функция патентов были бы невозможны.

Давайте для начала посмотрим, как выглядит мировое технологическое развитие в зеркале патентной статистики. В марте этого года Европейское патентное ведомство (ЕПО) опубликовало очередной годовой отчет, в котором представлены сведения: сколько заявок на патенты принято европейскими патентными службами в 2013 году, какие страны и заявители вносят наибольший вклад в патентную активность, в каких технологических областях наиболее активны заявители.

Сразу отметим, что 85% всех патентов ЕПО приходится на долю стран Европейского союза, США, Японии, Южной Кореи и Китая. Понятно, что эти страны патентуют изобретения и технологии не только на своей территории, но стараются максимально защитить свои права и в других развитых странах — таковы правила, которые диктует глобальная экономика. Вот почему в Европейское патентное ведомство поступают заявки из разных стран мира, включая Россию, причем большая часть — из перечисленных выше стран. Поэтому годовая

статистика ЕПО отчасти отражает мировую ситуацию в целом. Какова же она?

В 2013 году ЕПО зарегистрировало 265 690 заявок на патенты. Лидеры — Европейский союз (35%), США (24%), Япония (20%), Китай (8%) и Южная Корея (6%). Среди европейских стран-заявителей с большим отрывом лидирует Германия (12%). За ней следуют Франция (5%), Швейцария (3%), Нидерланды (3%) и Великобритания (2%). Где же здесь Россия? Наши 232 заявки на патенты составляют меньше одной десятой процента. Понятно, почему Россию нельзя увидеть на диаграмме 1.

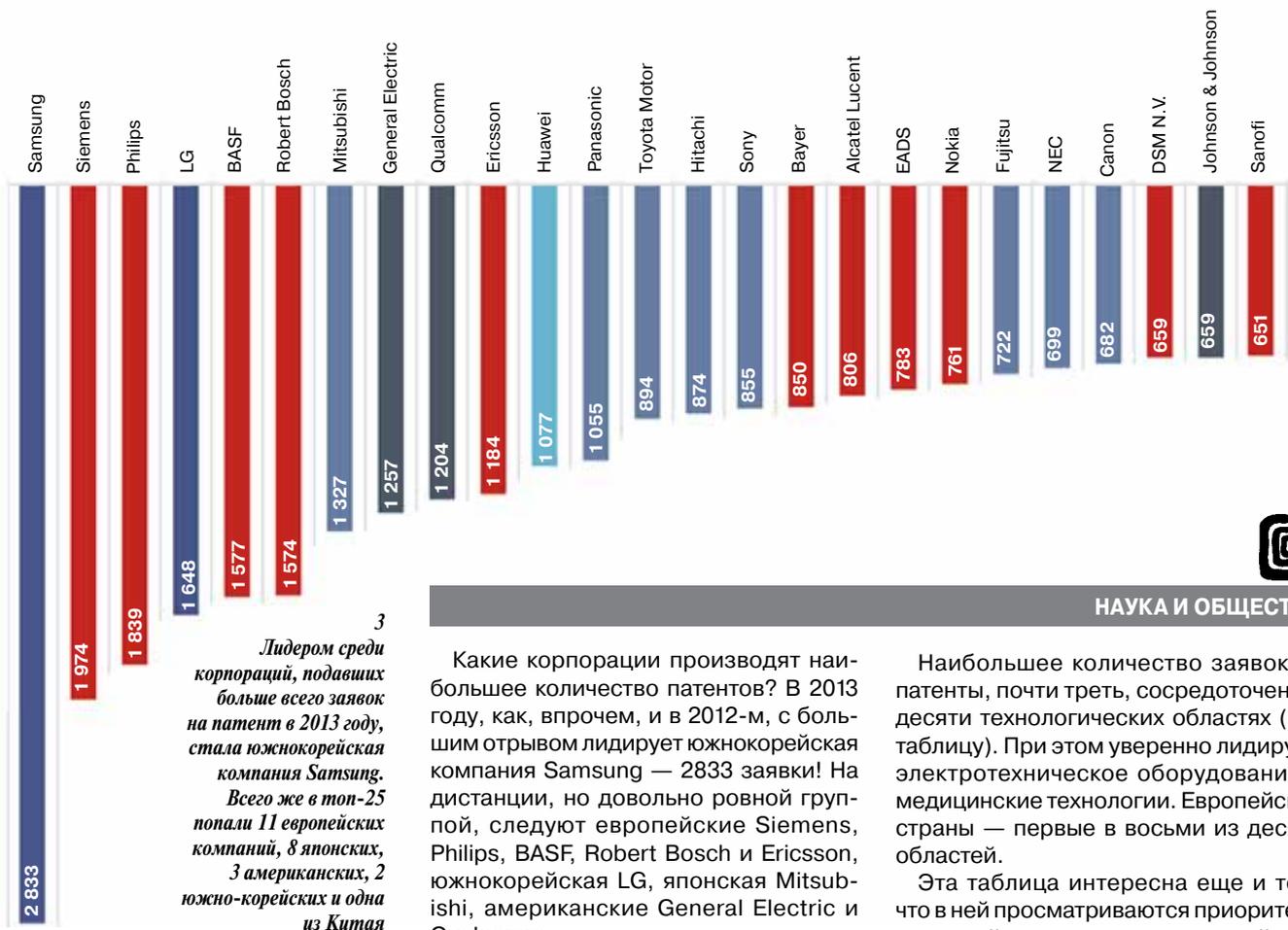
Кто подает заявки на патент? Львиная доля (65,5%) исходит от крупных корпораций. Причем эта доля год от года нарастает. Предприятия мелкого и среднего бизнеса, а также индивидуальные изобретатели подают 29% заявок, университеты и государственные научно-исследовательские организации — всего 5,5%. Распределение весьма красноречивое. В самом деле, бессмысленно требовать патенты от университетов и исследовательских институтов, которые работают в области фундаментальной науки, создающей заделы для новых технологий. Они да-



1
Из диаграммы видно, что более половины всех патентных заявок, принимаемых в Европе, приходится на долю США, Японии, Китая и Южной Кореи. Среди европейских лидеров — Германия и Франция. Если сравнить показатели 2013 и 2012 года, то видно, что Китай, Южная Корея и Нидерланды резко наращивают патентную активность, а Германия, Швейцария, Великобритания и другие (в число которых входит Россия) — снижают



2
Больше всего заявок на патенты в мире подают крупные корпорации. На долю университетов и государственных научно-исследовательских организаций приходится совсем немного. И если доля первых постоянно растет, то доля последних — снижается



НАУКА И ОБЩЕСТВО

3
Лидером среди корпораций, подавших больше всего заявок на патент в 2013 году, стала южнокорейская компания Samsung. Всего же в топ-25 попали 11 европейских компаний, 8 японских, 3 американских, 2 южно-корейских и одна из Китая

леки от производства, где, собственно, эти патенты и нужны. Технологическими разработками во всем мире занимаются исследовательские подразделения крупных корпораций и аффилированные с ними институты. С помощью патентов они столбят территории и заранее оккупируют будущие ниши на мировом рынке. У корпораций есть специальные высокопрофессиональные патентные службы и ресурсы, чтобы платить за патенты и их поддержание. Тем не менее сотрудники университетов и сами университеты иногда патентуют свои разработки, но в целом это скорее исключение, чем правило. Не случайно в 2013 году они подали на 17% меньше заявок, чем в 2012-м.

Какие корпорации производят наибольшее количество патентов? В 2013 году, как, впрочем, и в 2012-м, с большим отрывом лидирует южнокорейская компания Samsung — 2833 заявки! На дистанции, но довольно ровной группой, следуют европейские Siemens, Philips, BASF, Robert Bosch и Ericsson, южнокорейская LG, японская Mitsubishi, американские General Electric и Qualcomm.

Из внушительного перечня компаний, представленных на диаграмме (рис. 3), ясно, что речь идет о действительно крупнейших мировых корпорациях, продукция которых присутствует едва ли не во всех странах мира. Их названия на слуху, в том числе и у россиян. Какую российскую корпорацию можно было бы поставить в этот ряд? Наверное, первым приходит в голову «Газпром». Но его нет ни в топ-25, ни в топ-50... И в самом деле, патентный топ-50 превратился в последние годы в закрытый клуб с постоянными членами, которые лишь перемещаются внутри списка то вверх, то вниз на одну или несколько позиций, что и понятно — год на год не приходится.

Наибольшее количество заявок на патенты, почти треть, сосредоточены в десяти технологических областях (см. таблицу). При этом уверенно лидируют электротехническое оборудование и медицинские технологии. Европейские страны — первые в восьми из десяти областей.

Эта таблица интересна еще и тем, что в ней просматриваются приоритеты компаний разных стран на европейском рынке (они наглядно представлены на рис. 4 и 5). И хотя Евросоюз и США бьют по всем площадям, как и положено странам, где сосредоточена большая наука, предпочтения все-таки видны. Для европейских компаний приоритетны энергетика и машиностроение, медицинские технологии и транспорт.



4
Вот так выглядит распределение патентов ЕРО в 2013 году по десяти основным технологическим областям и странам, подающим больше всего заявок на патенты. Южная Корея и Китай (с выступом в сторону цифровой связи) — в центре диаграммы. Европа лидирует практически во всех секторах, что, впрочем, неудивительно — речь все-таки идет о статистике Европейского патентного ведомства, то есть о европейском рынке

№	Технологическая область, топ-10	Европа	США	Япония	КНР	Южная Корея
1	Электротехника, аппараты, энергетика	4876	1598	2570	241	683
2	Медицинские технологии	4427	4144	1074	76	219
3	Цифровая связь	339	2006	1131	1342	702
4	Компьютерные технологии	2816	3099	1328	325	812
5	Транспорт	4368	841	1621	74	118
6	Средства измерения	3611	1506	1037	97	136
7	Тонкая органическая химия	3509	1422	628	129	101
8	Двигатели, насосы, турбины	3006	1134	995	43	85
9	Биотехнологии	2827	1560	454	90	109
10	Фармацевтика	2626	1759	331	100	110



5

На этой диаграмме представлено распределение патентов ЕРО в 2013 году по десяти основным технологическим областям и европейским странам с наибольшей патентной активностью.

(Швейцария с выступом в сторону измерений, Нидерланды с выступом в сторону медицины и Великобритания расположены в центре). Видно, что Германия патентует больше, чем другие европейские страны, почти во всех технологических областях. Ее приоритеты — электротехническое оборудование и энергетика, транспорт, медицинские технологии и тонкая органическая химия

Компьютерные технологии интересуют их в меньшей степени, а цифровая связь и вовсе на периферии интереса. Для компаний США абсолютный приоритет на европейском рынке также лежит в области медицинских технологий: здесь, как и в США, хотят быть здоровыми и жить долго. Следующими по значимости выступают цифровая связь и компьютерные технологии, что вполне объяснимо, ведь они зародились в США, и там же сосредоточены корпорации, лидирующие в этих отраслях. Остальные технологические области Соединенным Штатам интересны в меньшей, но равной мере. У компаний азиатских стран тоже свои приоритеты

на рынках Европы. Понятно, что Япония планирует экспортировать электротехническое и медицинское оборудование, поэтому в первую очередь патентует конкурентоспособные технические решения в энергетике и машиностроении, но не в биотехнологии и фармацевтике, которые больше нужны для других, неевропейских рынков. Точно так же видны приоритеты компаний Южной Кореи в Европе — компьютерные технологии, цифровая связь и электротехническое оборудование. Что же касается медицинских технологий, то в Южной Корее явно не считают целесообразным привозить их в Старый Свет.

Но вот приоритет цифровой связи в патентах, полученных компаниями Китая, выглядит неожиданно. Однако если проанализировать документы ЕРО повнимательнее, то все станет ясно. Huawei, крупнейшая китайская компания в сфере телекоммуникаций, основанная в 1987 году, по числу патентов (1077) заняла одиннадцатое место в рейтинге. Все эти патенты как раз и лежат в области цифровой связи. Поэтому говорить в данном случае о национальном приоритете не совсем корректно. Скорее можно говорить о мощном и активном лидере в Китае, который своими многочисленными патентами дал такой всплеск в технологической области «Цифровая связь».

ЕРО не приводит аналогичную статистику для России, для наших 232 патентов. Давайте прикинем, какой она могла бы быть. Казалось бы, что нас в первую очередь должны интересовать технологические решения в области добычи и переработки сырья. Но это не так. Наши ведущие компании предпочитают

покупать зарубежное оборудование и технологии, а не разрабатывать и патентовать свои. Их патентная активность непропорционально мала по сравнению с объемами производства и экспорта их продукции.

Например, у нашего абсолютного лидера, ОАО «Газпром», всего 1205 патентов (по данным Orbit на 17.02.2014), из них 1198 (более 99%) — это патенты РФ, из которых действуют только 640. Для сравнения, у компании Exxon Mobil, имеющей четвертую большую капитализацию, чем «Газпром», патентов больше в 40 раз — 28697, из них 378 патентов РФ. Иначе говоря, Exxon Mobil закрыла использование целого ряда технологических решений на территории России.

Но давайте вернемся к европейской патентной статистике. Сравнение количества заявок на патенты по различным областям в 2013 и 2012 году позволяет оценить динамику патентной активности (рис. 6). Отметим снижение в области биотехнологии — на 4%, в цифровой связи — на 7%, в тонкой органической химии — на 7%, в области разработки двигателей, насосов и турбин — на 8%, а в фармацевтике — на целых 14%.

Вот так вкратце выглядит мировая технологическая карта сквозь призму патентных заявок. И на этой карте у России, увы, места нет. На этом фоне удивительно звучат несущиеся с самого верха декларации и заверения, что в ближайшем будущем основным экспортным продуктом России должна стать интеллектуальная собственность. Да и бизнес этот, если вдуматься, какой-то странный с государственной точки зрения: если продали на Запад лицензию, то потом начали покупать западную продукцию, произведенную по нашей лицензии, в стоимость которой защита цена лицензии. И где выигрыш? Продавать надо товары, которые приносят неизмеримо больший доход, обеспечивают рабочие места и национальную безопасность. И не стоит особо обольщаться внешним рынком, ведь влезть в уже занятые ниши чрезвычайно трудно. Тем важнее столбить будущие ниши, то есть думать о будущем. А для этого нужны новые разработки и патенты, другого пути нет.

Никто не продает свежие патенты. Сначала надо из них выжать все по максимуму, снять сливки, сформировать рыночный спрос на продукцию, занять новую нишу на рынке, а потом, когда подоспеет что-то новое, можно и продать лицензию другим странам. Таким как Россия. Собственно, мы этим и занимаемся — покупаем уже устаревшие технологии и заводы под ключ. Путь возможный, его прошли Япония в 50-х годах прошлого века и Китай в 80-х.



6

На рисунке показано, сколько заявок на патенты подано в 2013 году в десяти лидирующих технологических областях. Стрелками обозначены рост и падение патентной активности по сравнению с 2012 годом. Видно, что медицинские технологии, энергетика и машиностроение, а также компьютерные технологии продолжают наращивать задел, а вот интерес к биотехнологиям, цифровой связи и фармацевтике охлаждает, причем к фармацевтике — в наибольшей степени

Действительно, на купленных технологиях и заводах можно создать базу. Но дальше надо начинать совершенствовать ее своими силами и талантами, чтобы было что патентовать.

Отсутствие значимого количества российских патентов в мировой копилке говорит о многом и разном. Главное и самое важное — в России не видно промышленности, которая вкладывается в новые разработки и имеет перспективные технические решения для патентования и последующего использования на мировом рынке. Патенты нужны, чтобы юридически защитить собственную новую продукцию. А когда собственной продукции нет (кроме сырья), то и патенты вроде как не нужны.

Во-вторых, в России нет системы, которая поддерживала бы и поощряла авторов при патентовании новых технических решений. В прежние советские времена оформление авторского свидетельства в научно-исследовательской организации и даже в университетах было делом обычным и приятным, потому что за каждое изобретение авторы получали вознаграждение, премии и галочку в послужном списке. Эта система работала не только в научных организациях, вузах, отраслевых институтах, но и на промышленных предприятиях. Квалифицированные патентоведы, которые были в каждой организации, профессионально за-

нимались оформлением документов, а студентам технологических вузов обязательно читали специальный курс о патентовании.

Конечно, времена изменились, но в прежней практике, несомненно, были удачные решения, которые помогли бы и в наши дни. Теперь мы интегрированы в мировую экономику, значит, должны играть по общим правилам. Правила же таковы, что патентуют не ради славы или вознаграждения авторов, а для получения монопольных прав на рынке при продаже нового продукта и максимальной прибыли за время действия патента.

Однако конкурентоспособный продукт не появляется вдруг, от озарения талантливого изобретателя. Это всегда результат многолетних научных и маркетинговых исследований, на которые уходит немало средств. Чем больше вложено, тем больше шансов на успех на рынке. Это правило многократно подтверждено практикой. Основательно вкладываться в разработку новых продуктов могут крупные национальные корпорации, располагающие собственными исследовательскими подразделениями. Именно они выступают локомотивами национальной экономики и владеют 75% всех патентов. Об этом красноречиво говорит патентная статистика ЕРО и всех других патентных ведомств мира.



НАУКА И ОБЩЕСТВО

Крупные корпорации у нас есть — «Газпром», «Лукойл», «Норникель». А патентов — почти нет. Значит, и будущего нет, потому что патенты, с одной стороны, — это правовой документ, с другой — показатель инвестиций в исследование и разработки, инвестиций в будущее.

Впрочем, статистика — вещь хитрая. В ней всегда можно отыскать что-нибудь позитивное. Так вот, если пересчитать количество заявок на патенты ЕРО в 2013 году на миллион населения страны, то мы со своим показателем в 1,6 окажемся не так уж далеки от Китая с его 3,0. Если, конечно, это кого-то утешит.



О подписке



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 второе полугодие 2014 года с доставкой по РФ — 870 рублей, при получении в редакции — 540 рублей.

Об электронных платежах см. www.hij.ru.

Справки по телефону (495)722-09-46.

Об архиве

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

Клеточная технология против морщин

Кандидат медицинских наук

А.И.Зорина,

кандидат биологических наук

В.Л.Зорин

В октябре 2013 года ОАО «Институт стволовых клеток человека» организовало в Москве конференцию, на которой говорили о многих современных препаратах и технологиях. В том числе и об уникальном препарате неоваскулгене (см. «Химию и жизнь», 2013, № 12). Мы не могли не рассказать еще об одной новой технологии, адресованной женщинам. Это омоложение кожи с помощью ее собственных клеток — фибробластов. Впрочем, почему только женщинам? Во-первых, практика показывает, что у клиник красоты полно клиентов-мужчин, хоть некоторые и считают это странным. А во-вторых, эту технологию можно использовать для устранения рубцов.

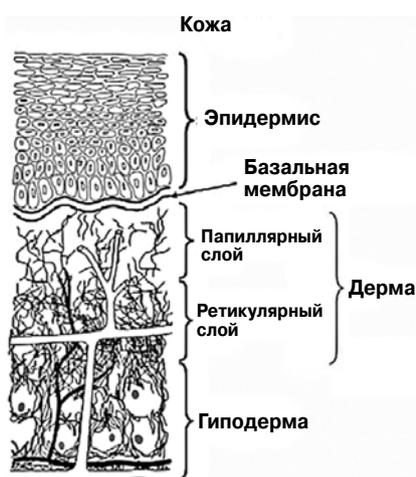
Три слоя кожи

Кожа человека состоит из трех слоев (рис. 1). Наружный — многослойный ороговевающий эпидермис, средний — двухслойная дерма и внутренний — гиподерма, содержащая главным образом жировые клетки. В дерме находятся также кровеносные и лимфатические сосуды и нервные окончания.

Главное для нас — это дерма: средний слой, формирующий структуру кожи и ее основные свойства. Клетки дермы находятся в межклеточном матриксе — плотной сети из волокон коллагена и эластина, пронизывающей гелеобразную среду. Коллаген и эластин знакомы всем из рекламных роликов, однако не все знают, что дерма содержит семь различных типов коллагена. В матриксе присутствуют и другие белки, структурные и сигнальные: гликопротеины (фибриллин, ламинин), гликозаминогликаны (гиалуроновая кислота), ферменты, факторы роста и цитокины, медиаторы воспаления... Все они вырабатываются фибробластами. Эти многофункциональные клетки — главные герои нашего повествования, поэтому расскажем о них подробнее.

Известно, что в дерме взрослого человека находятся мультипотентные стволовые клетки, ничем не уступающие тем, которые присутствуют в костном мозге и многих других органах. Поэтому кожу рассматривают как один из основных их источников, альтернативных костному мозгу. Стволовые клетки дермы последовательно превращаются

в разные типы активных фибробластов, причем все типы присутствуют в коже одновременно. Сначала из стволовых клеток получают клетки — предшественники фибробластов первого типа, потом второго и, наконец, третьего (МА1, МА2, МА3 на рис. 2; МА означает «митотически активные», то есть способные делиться). Они, в свою очередь, превращаются в зрелые фибробласты,



1

Строение кожи. Внешний слой, эпидермис, образован клетками кератиноцитами, которые вырабатывают и организуют коллагены IV и VII типов и гликопротеины (ламинины и перлекан). Базальная мембрана прочно связывает эпидермис с дермой — «каркасом» кожи, состоящим из коллагеновых и эластиновых волокон, водного геля и клеток фибробластов. Внутренний слой, через который проходит развитая сосудистая сеть, лимфатические сосуды и нервы, обеспечивает механическую опору и терморегуляцию кожи

а те — в окончательно дифференцированные фиброциты (рис. 2).

Основная задача стволовых клеток и фибробластов МА1, МА2, МА3 — делиться и поддерживать клеточную популяцию дермы. Зрелые и постмитотические (переставшие делиться) фибробласты производят компоненты межклеточного матрикса. Их биосинтетическая «мощность» чрезвычайно велика: одна дифференцированная клетка в активном состоянии способна произвести до 3,5 миллионов молекул коллагенов в сутки! Однако в обычном состоянии они гораздо менее активны. Поэтому чтобы добиться обновления и регенерации кожи, очень важно научиться стимулировать фибробласты. Интересно, что соотношение митотически активных фибробластов к зрелым в коже всегда постоянно и составляет 2:1 независимо от возраста.

Самый значимый для кожи белок — это коллаген I типа, на него приходится 80—90% ее сухого веса. Всего коллагенов семь типов, причем фибробласты обеспечивают правильное их соотношение. Ключевые коллагены — I, III и V, они образуют волокна и организуются в большие поперечно связанные структуры, формируя трехмерную сеть, которая во многом определяет биомеханические свойства кожи. Фибробласты продуцируют не только коллаген и другие компоненты матрикса, но и ферменты, участвующие в расщеплении этих компонентов, — они необходимы для обновления матрикса.

Конечно, помимо фибробластов в дерме есть и другие клетки — эпидермальные, эндотелиальные, нейральные и клетки гемопоэтического происхождения, и все они тесно взаимодействуют между собой. Но ключевую роль в регуляции физиологических параметров кожи играют именно фибробласты. Они не просто формируют и обновляют матрикс, но и регулируют процессы воспаления, заживление ран, синтезируют сигнальные молекулы, которые влияют на образование сосудов, метаболизм, а также поддерживают иммунитет кожи и выполняют множество других функций.



2

Превращение стволовых клеток дермы. Зрелые и постмитотические фибробласты производят компоненты межклеточного матрикса, необходимые для молодости и нормальной работы кожи (в том числе коллаген)

Два вида старения

Самое распространенное заблуждение — что кожу старят только годы. Между тем есть два основных типа старения кожи: внутреннее (хронологическое) и внешнее, или фотостарение, — результат воздействия факторов окружающей среды, основной из которых — УФ-облучение.

Стареющая с годами кожа, которую берегли от солнца, становится тоньше, бледнее, снижаются ее эластичность и упругость, появляются тонкие поверхностные морщины. Солнце действует по-другому: кожа утолщается, грубеет, становится более сухой, в ней формируются глубокие морщины и отдельные участки с темной пигментацией — так называемым солнечным лентиго. Фотостарение может произойти гораздо раньше хронологического — не зря в XIX веке дамы тщательно прятали лица от солнца под шляпами и зонтиками. И если хронологическое старение, увы, неизбежно, то фотостарение напрямую зависит от времени, проведенного на солнце и в соляриях, а также от генетически predetermined степени пигментации кожи. Особенно страдают открытые участки (лицо, шея, руки), поскольку внешние факторы накладываются на хронологический процесс и ускоряют его.

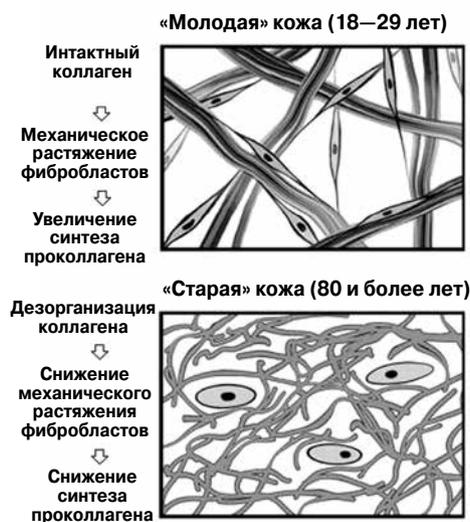
Несмотря на разные причины, последствия на молекулярном уровне в обоих случаях сходные. Прежде всего это уменьшение содержания коллагена, основного, как мы помним, структурного компонента кожи. Перемены происходят разительные: у пожилых людей (80 лет и старше) коллагена не только вырабатывается примерно на 75% меньше, чем у молодых (18–29 лет), но и уровень его деградации повышается на 75%. Параллельно снижается количество коллагенов I и III типов.

Для любителей позагорать: однократное воздействие УФ-лучей на кожу в средних дозах (до ее легкого покрас-

нения) снижает продукцию коллагена на 80%, причем вернется она к норме только через два-три дня. Если же подставлять кожу солнцу регулярно, то производство коллагена подавляется очень надолго и со временем изменения могут стать необратимыми.

Коллагена с годами и под действием солнца не только становится меньше — изменяются его структура и организация (рис. 3). Из-за этого нарушается опорный каркас кожи и образуются морщины. Надо сказать, что на участках кожи, которые подвергались длительному УФ-воздействию, развиваются еще и специфические изменения, связанные с нарушением образования эластиновых волокон (так называемый эластоз).

Коллаген вырабатывают фибробласты, а значит, именно они ответственны за те фундаментальные процессы, которые нас так огорчают. Фибробластов с возрастом становится меньше примерно на 35%, но вопрос не только



3

Расположение фибробластов и коллагеновых волокон в молодой и старой коже

в количестве. Изменяется также морфология фибробластов, способность делиться, большинство их хуже выполняют свои производительные функции. В результате нарушается баланс между синтезом и деградацией межклеточного матрикса, понижается содержание коллагена. Кожа становится тоньше, снижается ее гидратация и упругость, образуются морщины.

Как только не борются с этим врачи-косметологи! Цель у них одна: стимулировать фибробласты дермы к активной работе и восполнить утраченный объем межклеточного матрикса. Делают внутрикожные инъекции различных препаратов, родственных по биохимическому составу межклеточному веществу (это может быть, например, гиалуроновая кислота). Воздействуют на кожу лазером — при этом происходит дозированное микрповреждение слоев дермы, которое активирует регенерацию. Применяют также радиоволновую терапию, дермабразию и другие методы, которые заставляют фибробласты взяться за работу.

Российская клеточная технология

Принципиально иной подход использует регенеративная медицина. Она предполагает привнесение в ткани препарата, который сам восстанавливает эти ткани, или запускает в них собственные физиологические механизмы и регенерацию, или делает то и другое сразу.

Кожа — удобная модель для разработки и внедрения клеточных технологий. Во-первых, с ней легко работать, и практическая польза, во всех смыслах слова, лежит на поверхности. Во-вторых, это легко травмируемый орган, к тому же кожа со временем стареет и «портится» от солнца, а значит требует восстановления. Уже существуют эффективные биотехнологические подходы. Например, для восстановления кожи при различных язвах успешно используют препарат «Apligraf» (США) — искусственно выращенный в специальной среде эквивалент кожи. В его состав входят аллогенные кератиноциты (аллогенные — значит донорские; кератиноциты, как

показано на рис. 1, составляют основную массу эпидермиса) и дермальные фибробласты. Эффективность препарата проверена более чем в 250 тысячах клинических наблюдений. Другой американский препарат, «Dermagraft», содержит только аллогенные дермальные фибробласты (более 50 тысяч наблюдений). А в комплексном лечении тяжелых ожогов хорошо себя проявил препарат «Epicel» с собственными кератиноцитами пациента (США, примерно 2 тысячи наблюдений).

В 1994 году американская компания «Isolagen» (сейчас она называется «Fibrocell Science») впервые предложила новый способ коррекции морщин — введение в кожу пациента аутологичных, то есть его собственных фибробластов. Оказалось, что взятые у пациента и размноженные в культуре клетки дермы *in vitro* активно синтезируют коллаген и другие компоненты межклеточного матрикса. Но главное — после трансплантации в дерму их синтетическая активность сохраняется.

В 1999 году «Isolagen» опубликовала результаты масштабного клинического исследования, проведенного в 1995—1999 годах. В нем участвовали 1450 пациентов с выраженными морщинами на лице. Было показано, что метод безопасен (срок наблюдений 48 месяцев) и эффективен. Позже, в 2003—2008 годах, компания провела рандомизированные слепые плацебо-контролируемые клинические исследования (все требования доказательной медицины!) с участием более 800 пациентов. Двенадцать месяцев наблюдений снова подтвердили безопасность технологии и то, что морщины действительно уменьшаются почти наполовину. При этом эффект сохраняется очень долго.

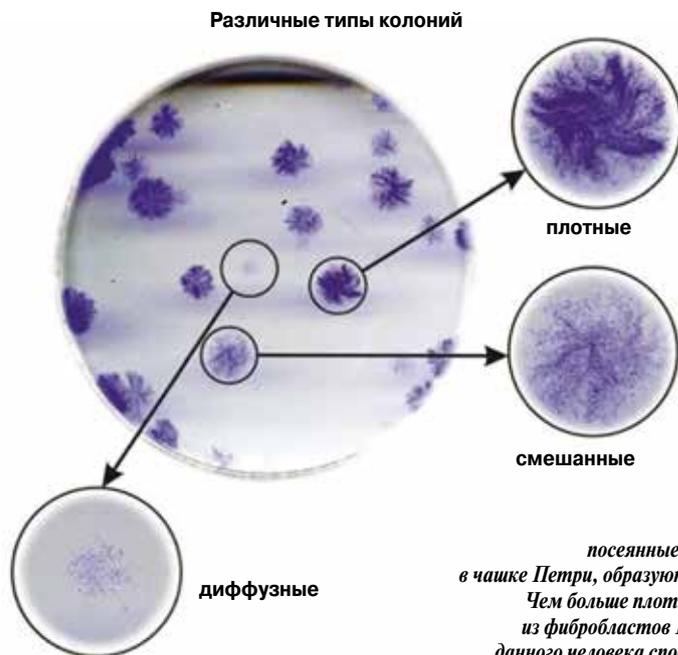
Ученые Института стволовых клеток человека начали заниматься данной проблемой в 2003 году. В итоге была создана российская технология (ее официальное название — SPRS-терапия), сходная с американской, но имеющая ряд существенных отличий. Официально она разрешена к применению для коррекции возрастных и рубцовых изменений кожи в клиниках России с июля 2010 года. Год спустя компания «Fibrocell Science» также получила одобрение американского Агентства по контролю качества пищи и лекарственных препаратов (FDA) на использование аналогичной технологии для коррекции морщин в области носогубных складок. В целом почти за двадцать лет и российские, и американские ученые провели немало клинических исследований, которые подтвердили, что метод действительно дает очень хорошие результаты — им довольны все пациенты и врачи.

Расскажем подробнее о процедуре. У пациента из-за уха (там кожа меньше всего повреждается УФ-лучами) берут кусочек кожи диаметром 4 мм и из него получают культуру фибробластов. Уже упоминалось, что в коже каждого человека, независимо от возраста, присутствуют стволовые мультипотентные клетки, а также клетки-предшественники фибробластов. В культуре они способны образовывать колонии — клоны, состоящие из 50 и более фибробластов, развившиеся из одной клетки-предшественницы. Это означает, что необходимо количество фибробластов получается из небольшого фрагмента кожи человека любого возраста. Мы не преувеличиваем, когда говорим о любом возрасте: в коже 95-летнего человека содержится до 14% митотически активных фибробластов!

Как оказалось, при культивировании клеток можно получить очень интересную индивидуальную характеристику кожи — так называемую эффективность колониеобразования фибробластов (ЭКОФ). Фактически это отношение выросших колоний к числу посеянных клеток. На основании этой величины, в пересчете ее на массу взятого образца кожи, можно получить представление о количестве стволовых клеток и клеток-предшественников фибробластов в коже. Эта величина индивидуальна для каждого человека, она не зависит от возраста, и по ней можно судить о регенераторном потенциале кожи, то есть о способности фибробластов поддерживать саморегуляцию ткани и восстанавливать ее при повреждении. Учитывая этот показатель, для каждого пациента можно выстроить индивидуальную программу обновления и восстановления кожи.

При выращивании фибробластов по особой технологии (она разработана в Институте стволовых клеток человека и называется «Паспорт кожи») из разных типов фибробластов (МА1, МА2, МА3 — см. рис. 2) и колонии вырастают разные (рис. 4). Фибробласты МА1 образуют плотные колонии, и чем их больше, тем выше у данного человека пролиферативный потенциал фибробластов, а стало быть, тем больше оснований предположить, что косметологические процедуры дадут для него хороший результат. И наоборот, чем меньше плотных колоний, тем ниже у данного человека пролиферативный потенциал фибробластов. Всем знакома такая ситуация: два пациента одного и того же возраста проходят одни и те же процедуры, потом один в полном восторге, а другой жалуется, что толку никакого. «Паспорт кожи» помогает прогнозировать результат, выяснить, кому легко будет получить отличный эффект, а кому требуется совершенно особый подход.

Когда из кусочка кожи делают индивидуальный препарат для омоложения, отбирают только активные фибробласты, сохранившие высокую способность к делению и синтезу важных для кожи компонентов. Клетки, не способные делиться, во время культивирования удаляют. И вот вопрос, который волнует всех, когда речь идет о клеточных технологиях: не могут ли такие аутофибробласты стать спусковым крючком для новообразований? Нет, не могут. Собственные клетки кожи человека после трансплантации интегрируются в дерму и, находясь под строгим контролем микроокружения, становятся обычной составляющей ее клеточной популяции. Анализ образцов кожи, которые делали в течение



4
Фибробласты кожи, посеянные на питательную среду в чашке Петри, образуют колонии разного вида. Чем больше плотных колоний, выросших из фибробластов МА1, тем выше у кожи данного человека способность к регенерации

двух лет клинических исследований, не выявил митотической активности трансплантированных клеток — они не делятся, а только синтезируют нужные коже вещества.

Итак, готовую культуру собственных фибробластов пациента вводят ему в кожу (в верхний слой дермы) с помощью тонких игл для мезотерапии. Делают это в два приема с интервалом в месяц. Собственно, уже в культуре клетки активно вырабатывают коллагены I и III типов, эластин и другие компоненты межклеточного матрикса, причем образование этих белков практически не зависит от возраста и пола.

Результат виден через 10—14 дней после окончания процедур: кожа становится более упругой, эластичной, улучшаются цвет и контуры лица, уменьшаются количество и глубина морщин, а также выраженность пигментных пятен. Еще один важный показатель — увеличивается толщина кожи (через год в среднем на 65%). Эффект сохраняется как минимум два года и нарастает во времени. Через месяц на «хорошо» и «отлично» оценивают эффект 88% пациентов, через 3, 6, 12 и 24 месяцев — 100%. Морщины уменьшаются через месяц на 14%, а через 12 месяцев — на 46% по сравнению с исходным состоянием.

Что происходит с клетками, которые привнесли в кожу? Через месяц фибробласты видны в коже небольшими группами, что и понятно: клеточный материал вводят порционно, и клетки так порциями и остаются, не мигрируя по дерме и не делясь. В межклеточном матриксе четко видны новые коллагеновые волокна, подтверждающие, что трансплантированные фибробласты работают. Аналогичная картина сохраняется через 3, 6 и 12 месяцев — это значит, что трансплантированные фибробласты активны и год спустя. Через 24 месяца группы фибробластов также регистрируются, они похожи на те, которые были видны сразу после трансплантации, и продукция коллагена продолжается. Только уже не происходит «созревания» коллагеновых волокон. По всей видимости, трансплантированные фибробласты полностью интегрируются в кожу и становятся естественной составляющей ее обычной клеточной популяции — соответственно их активность зависит от потребностей кожи.

От красоты к медицине

Конечно, такую технологию можно применять не только для обретения молодости, но и в лечебно-косметических целях. Например, у людей с атрофическими рубцами постакне: эти неровности, которые остаются после угревой сыпи и трудно поддаются

лечению. Такие рубцы имеют специфическую структуру: истонченный эпидермис и тонкий слой фиброзной ткани, расположенный под базальной мембраной и в более глубоких слоях. Ткань состоит в основном из плотных пучков горизонтально расположенных коллагеновых волокон и небольшого количества фибробластов. Если ввести собственную культуру фибробластов в рубец и под него, а также вокруг в нормальную кожу, то в этой зоне восстанавливается популяция клеток и восстанавливается микроструктура кожи — она утолщается, улучшается ее рельеф. Клинические исследования, проведенные «Fibrocell Science» на 99 пациентах с атрофическими рубцами постакне, показали двукратное улучшение по сравнению с контролем.

«Fibrocell Science» предполагает расширить применение подобных технологий для коррекции таких тяжелых дефектов, как постожоговые рубцы, рубцы гололовых связей, и даже для лечения редких генетических заболеваний, при которых возникает дефицит коллагена (склеродермия и буллезный эпидермолиз). В последних случаях компания планирует использовать генетически модифицированные аутофибробласты кожи.

В Институте стволовых клеток человека разработали и уже запатентовали еще одну схожую технологию — восстановление тканей пародонта с помощью собственных фибробластов пациента, полученных из слизистой оболочки полости рта (десны). В восстановлении слизистой рта нуждается множество людей. Если устранение морщин — желательная, но не обязательная процедура, то все, что касается полости рта, непосредственно влияет на здоровье человека, а методов, которые хоть как-то помогают, очень немного. Поэтому на восстановление пародонта с помощью фибробластов возлагают большие надежды.

Институт стволовых клеток человека разработал эту технологию совместно с Центральным научно-исследовательским институтом стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, и она также разрешена к применению Росздравнадзором с декабря 2010 года. В основе ее все та же способность фибробластов — главного клеточного компонента соединительной ткани десны — производить коллаген и другие вещества межклеточного матрикса. Волоконный каркас пластинки десны на 60% состоит из коллагена — именно он обеспечивает ее прочность и специфическую структуру. При многих заболеваниях десен, например при хроническом пародонтите или после имплантации зубов, у человека развивается дефицит



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

десны — она истончается, обнажаются корни зуба. Если ввести в зону дефекта культивированные собственные фибробласты, полученные из 2—3 мм образца десны, она утолщается и лучше покрывает зубы. Клеточный материал также вводят два раза с промежутком в неделю. Эффект заметен уже через месяц и сохраняется как минимум год. При необходимости терапию можно повторить.

Кстати, возможность повторной терапии — еще одна особенность технологии применения культур аутологичных фибробластов (как десны, так и кожи). Часть клеток, полученных из образцов тканей, можно заморозить и хранить в криобанке неограниченное время, а потом использовать эти фибробласты для производства клеточного препарата для производства всей жизни человека.

Исследования по восстановлению тканей пародонта пока не закончены, поэтому технология еще не применяется в клинике. Основная цель сейчас — получить как можно более выраженные и долговременные результаты. Это станет возможным, если использовать, например, ту же популяцию фибробластов десны еще и для восстановления твердых тканей пародонта, то есть кости. В основе идеи способность клеток — предшественников фибробластов десны под действием определенных факторов дифференцироваться в кость. Исследования показали, что если тканеинженерный конструкт, состоящий из остеопластического материала с посаженными на него фибробластами десны человека, посадить в зону дефекта, то через некоторое время на этом участке образуется костная ткань. Это чрезвычайно перспективная технология, и мы стараемся рассказать о ней в отдельной публикации.



Чтобы быть красивой...

...надо быть в курсе новейших достижений биологии и медицины. Красота во многом определяется здоровьем организма, но обретение красоты оплачивается порой даже лучше, чем восстановление здоровья. Неудивительно, что на переднем крае науки всегда находятся важные новости для тех, кто стремится к прекрасному.

Все знают, что такое антиоксиданты: полезные вещества, которые препятствуют активным формам кислорода портить биомолекулы, вредить здоровью и сокращать молодость. Но чем различаются антиоксиданты и какие из них самые эффективные?

Ученые из Университета Ньюкасла (Великобритания) установили, что синтетическое соединение под названием тирон опережает по защитным свойствам такие знаменитые натуральные антиоксиданты, как ресвератрол и куркумин. Опыты проводились *in vitro*, на клетках вне организма, и, конечно, пока рано говорить о новой панацее — тирон еще не прошел все необходимые проверки на токсичность. По мнению авторов работы, стоит исследовать антиоксидантные свойства природных веществ, имеющих сходную структуру. Возможно, потенциальное лекарство удастся найти среди них.

Тирон с химической точки зрения — динатриевая соль 4,5-дигидрокси-1,3-бензолдисульфокислоты. Он, во-первых, гасит активные формы кислорода, во-вторых, хелатирует ион железа, в-третьих, способен проникать в митохондрии — органеллы, которые отвечают за энергоснабжение клетки. Энергетическое производство в клетке, как и в макромире, «грязное» — в митохондриях возникает много активных форм кислорода, и есть мнение, что их надо защищать в первую очередь, если мы хотим бороться со старением и раком. Перспективными считаются антиоксиданты, похожие на убихиноны, или коферменты Q, работающие в митохондриях. Они имеют в названии букву Q; российским любителям науки хорошо знакомы «ионы Скулачева» SkQ, на которые возлагают большие надежды в борьбе со старением, — производные пластохинона.

Британские исследователи сравнили тирон с MitoQ — первым антиоксидантом, специально сконструированным для проникновения в митохондрии, а также с ресвератролом и куркумином (их природные источники — соответственно красное вино и корень куркумы ароматной) и с N-ацетилцистеином. В качестве модельной системы использовали фибробласты человека — те самые клетки, от работы которых зависит упругость кожи (см. статью «Клеточные технологии против морщин» в этом же номере). Фибробласты, выращенные на питательной среде, облучали ультрафиолетом A в физиологической дозе (у человека она вызвала бы покраснение кожи) или обрабатывали мощным окислителем — перекисью водорода. Концентрации антиоксидантов подбирали так, чтобы они защищали от гибели не менее 95% клеток; надо заметить, что для тирона она была сравнительно высокой — 3 мМ.

Зато в этой концентрации он предотвращал не только смерть клеток, но и мутации. Тирон полностью, на 100%, защитил от повреждений ультрафиолетом и H₂O₂ митохондриальную ДНК — разницы с контролем не было заметно. Куда скромнее выступил MitoQ как против ультрафиолета (17%), так и против перекиси (32%). У ресвератрола оказа-



лись 22%, у куркумина 8 и 20, у T-ацетилцистеина 8 и 16% соответственно. Еще интереснее, что неповрежденной в присутствии тирона осталась и ядерная ДНК (MitoQ — 18% защиты, ресвератрол — 38, куркумин — 35%). Это было сюрпризом для ученых: из общих соображений представлялось, что природные антиоксиданты справятся лучше, ведь они не «привязаны» к митохондриям, а находятся в цитоплазме и, следовательно, имеют к ядру прямой доступ. Механизм действия тирона пока не вполне ясен, но авторы предполагают, что его эффективная защита от ультрафиолета A связана с его способностью хелатировать железо, которое ультрафиолет высвобождает из белков.

A.O. Oyewole, M.-C. Wilmot, M. Fowler, M.A. Birch-Machin. Comparing the effects of mitochondrial targeted and localized antioxidants with cellular antioxidants in human skin cells exposed to UVA and hydrogen peroxide. The FASEB Journal, 2014, 28, 1, 485–494; doi: 10.1096/fj.13-237008

Волосы — украшение каждого человека. Грустно становится, когда с возрастом напомним о пышной шевелюре остаются только вздохи окружающих: «Ах, какая была грива! Куда же все подевалось?»

Ученые давно начали искать способ борьбы с облысением. Есть лазерная терапия, различные лекарственные методы, но, пожалуй, наиболее эффективна и популярна пересадка волос. Фолликулы — волосные луковицы — извлекают у пациента из кожи затылочной зоны, где волосы меньше страдают от возрастных изменений, и пересаживают на темя. Это действительно помогает спрятать лысину. Аналогичным способом можно создать более густые брови или ресницы (правда, потом придется подстригать их каждый месяц, ведь волосы на голове растут быстрее). Однако со временем и на затылке волос становится не слишком много, да и качество «исходных материалов» для операции уже не то. Можно использовать волосы с тела, но они не вырастают длинными. Исследователи мечтают о «клонировании волос» — в фолликулах найдены стволовые клетки, и есть надежда, что из них получится выращивать новые фолликулы для пересадки. А вот если бы получать их из других клеток, которые имеются у пациента в достаточном количестве, скажем, из клеток кожи!

Уже были успешные эксперименты на животных, например мышинные фолликулы выращивали в чашках Петри, а затем вживляли их мышам. И вроде бы все получалось, но вот с человеческими клетками результат был отрицательным.

Британские и американские ученые под руководством генетика Анжелы Кристиано из Колумбийского университета в Нью-Йорке и Колина Джаходы, специалиста по клеточной биологии из Даремского университета, культивировали человеческие кожные клетки в чашках Петри и нашли условия, при которых формируются фолликулы. Клетки дермы —



среднего слоя кожи размножаются как бы в 3D-формате: они высаживаются не на дно, а на крышку чашки в каплях среды, содержащей аминокислоты и сахара. Авторы работы предполагают, что в качестве регулирующего фактора, который подсказывает клеткам, что нужно формировать фолликулы, выступает сила тяжести. Они выяснили, что такой «подвешенный» способ изменяет активность почти 880 генов. Этого оказалось достаточно, чтобы запустить образование фолликула! Мышкам пересаживали человеческую кожу, а потом в нее вживляли полученные после инкубации комочки клеток, и через шесть недель фолликулы успешно развивались.

Успех пока нельзя называть полным. Новые фолликулы не имеют сальных желез, и в них отсутствуют зрелые меланоциты — клетки, которые отвечают за синтез волосных пигментов, иными словами, за цвет волос. К тому же фолликулы из чашки Петри не обладают стопроцентной «всхожестью». Но хотя эту методику еще нельзя применять в клиниках красоты, на искусственно выращенных человеческих волосах можно, например, проверять действие лекарств от облысения.

Claire A. Higgins et al. Microenvironmental reprogramming by three-dimensional culture enables dermal papilla cells to induce de novo human hair-follicle growth. «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», 2013, 110, 49, 19679–19688, doi: 10.1073/pnas.1309970110

Нет в мире справедливости. Один человек, сколько ни сидит на диете, никак не может сбросить лишний вес, другой спокойно съедает пирожное-другое и остается худым. Ранее считалось, что за несправедливость отвечает генетика, скажем, различная активность ферментов метаболизма. Теперь ясно, что надо учитывать еще и микробиом кишечника — сообщество микроорганизмов, которые не просто обитают внутри нас, но активно обмениваются сигналами с организмом-хозяином, а подчас и диктуют ему свою волю (см. «Химию и жизнь», 2013, № 8).

В последнее время появилось много работ, посвященных влиянию кишечной микрофлоры на худобу и полноту. Известно, что у тонких и толстых людей, а также других млекопитающих, состав микрофлоры драматически различается. Но где тут причина, а где следствие — непостоянный вопрос.

Исследователи под руководством Джеффри Гордона из Университета Вашингтона в Сент-Луисе взяли образцы микрофлоры у четырех пар молодых женщин-близнецов, причем в каждой паре одна сестра была стройной, другая полной. Эти образцы скормили мышам со стерильным желудочно-кишечным трактом, так что «человеческие» бактерии успешно заселяли свободные территории. Одни мышки получали обычный корм для грызунов, с низким содержанием жиров и высоким — растительной клетчатки, другие — рацион, аналогичный здоровой человеческой пище, нежирный,

богатый овощами и фруктами, третьи, наоборот, потребляли много жиров и мало овощей-фруктов. Такая постановка эксперимента позволяла выяснить, как влияют на вес подопытных зверьков кишечные микроорганизмы и как — питание.

Микрофлора стройных женщин делала и мышей более стройными по сравнению с их товарищами, заселенными микрофлорой полных близнецов, даже когда те и другие мыши питались одинаково. К тому же у обладателей «стройнящих» бактерий оптимизировался обмен веществ. Чтобы подтвердить этот интересный результат, ученые поселили стройных мышек вместе со склонными к полноте. При таких условиях обмен микрофлорой происходит естественно, так как мыши часто поедают экскременты друг друга. Некрасивый обычай, но полезный: исследователи установили, что бактериальный коллектив, характерный для худых мышей, колонизировал кишечники полных (особых успехов добились, в частности, представители рода *Bacteroides*). А вот наоборот не получалось, микрофлора полных мышей не прижилась в худых грызунах.

Но если все так замечательно, почему в развитых странах не наблюдается эпидемий стройности? Что мешает бактериям, нормализующим метаболизм, распространяться, как распространяется любая кишечная инфекция? Ответ оказался тривиальным: «хороших» бактерий не устраивают пищевые предпочтения, характерные для многих полных людей. Они заселяли кишечник экспериментальных мышей, только когда те получали низкокалорийную пищу, а рацион, богатый жирами и бедный растительными полисахаридами, колонизации препятствовал.

Кстати, в мае 2013 года впечатляющие результаты опубликовала группа европейских ученых. По их данным, всего один вид кишечных бактерий, *Akkermansia muciniphila*, эффективно регулирует метаболизм у мышей, предотвращая не только ожирение, но и развитие диабета второго типа. К сожалению, и эти бактерии приживаются с первого приема не в любом кишечнике, наладить контакт между микроорганизмами и макроорганизмом удается не всегда.

Вероятно, уже скоро врачи-диетологи, а за ними и всяческие гуру похудения вместе со списками разрешенных и запрещенных продуктов станут вручать пациентам препараты бактерий, нормализующих обмен веществ. А пока, может быть, включить в диету живой йогурт или простоквашу?

V. K. Ridaura et al. Gut microbiota from twins discordant for obesity modulate metabolism in mice. «Science», 2013, 341, 6150, 1241214, doi: 10.1126/science.1241214.

*A. Everard et al. Cross-talk between *Akkermansia muciniphila* and intestinal epithelium controls diet-induced obesity. «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», 2013, 110, 22, 9066–9071, doi: 10.1073/pnas.1219451110.*

Подготовили

Е. Клещенко, С. Фролова

Сказки о биорезонансе

Биорезонансная терапия — 280 тысяч ссылок в Интернете, биорезонансная диагностика — 610 тысяч, нечто вегеторезонансное — 165 тысяч. Официальная медицина эти методы не признает, физики, которым мы показывали ссылки, советовали заняться чем-нибудь другим, а менее воспитанные — почитать учебник. В Интернете есть критические статьи: механизм действия неясен, авторы метода ничего внятного не говорят, корректная проверка метода не проводилась. В статьях приводятся описания начинки «приборов» — пыллив человеческий разум, вооруженный отверткой! — и видно, что это муляжи. В рекламе приборов попадаются фразы вроде «по заявлениям некоторых ученых-физиков, однополюсный ток оказывает губительное влияние на организм, способствует мутации клеток, которая, в свою очередь, провоцирует раковые заболевания». С сайта на сайт кочует фраза о том, что эти приборы применяют в космосе и что они есть в правительственных лечебных организациях (как будто последнее что-то доказывает).

Поскольку вопрос находится в сфере как физики, так и медицины, хотелось бы услышать мнение людей, доказавших на практике компетентность в применении физики в медицине. И не на уровне использования готовых приборов, а на уровне разработки методов и применения оных в медицине с доказанными результатами. Мы обратились к заведующему лабораторией медико-физических исследований Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф.Владимирского (МОНИКИ) доктору технических наук Д.А.Рогаткину (см. его статью в в № 9 «Химии и жизни» за 2013 год).

Вы слышали о методах биорезонансной терапии и биорезонансной диагностики?

Да, в нашей лаборатории до сих пор живут несколько таких приборчиков. Когда-то мы знакомились с их работой, заглянули внутрь, разобрались в устройстве, попробовали на себе, поэкспериментировали с врачами, их использующими, порасспрашивали разработчиков и инженеров-электронщиков фирм-изготовителей.

Значит, мы по адресу. Тогда что же такое биорезонансная терапия?

Обычно биорезонансную терапию (БРТ) ее сторонники определяют как разновидность физиотерапии (методы терапии с использованием действующих физических факторов: ультразвука, электрического тока, магнитного поля и др. — *Примеч. ред.*). По замыслу авторов, БРТ подразумевает воздействие на ткани и органы электрическим током

или электромагнитным излучением такой частоты, которая приводит к подавлению патологических колебательных процессов в организме. Отсюда, видимо, и слово «резонанс» в названии, хотя в физике резонанс — процесс усиления амплитуды колебаний, а не подавления. Но дело не в названии, а в том, как выбрать частоту и можно ли так лечить. Создатели БРТ говорят, что клетки и органы излучают электромагнитное поле, частота которого меняется при патологии. Если прибор БРТ регистрирует все эти поля, отделяет норму от патологии, сигнал патологической частоты инвертирует и подает излучение (или ток) на пациента, то исходные колебания подавляются. Можно даже не измерять поля конкретного пациента, если они одинаковы для всех людей и различны только для разных патологий.

А как определить, какие частоты — норма, а какие — патология? Это какой

же объем научных исследований надо было провести для каждого органа, каждой клетки и каждой патологии?

К счастью, исследования здесь не нужны. Авторы еще на заре БРТ постулировали, что гармонические колебания — норма, а негармонические — патология. Видимо, слово «гармония» у них ассоциировалось с эстетической гармонией, с нормой. Гармонические (синусоидальные. — *Примеч. ред.*) колебания проходят в школе по физике, а что по теореме Фурье любое негармоническое колебание раскладывается на сумму гармонических составляющих и, наоборот, сумма гармонических колебаний от разных органов и систем даст на выходе суммарные негармонические колебания — это за пределами школьного курса физики. Этого врачи обычно не знают, и им можно рассказывать про фильтрацию гармонических и негармонических, патологических и непатологических.



1
Московская городская легенда — прикосновение к носу бронзовой овчарки на станции метро «Площадь революции» приносит удачу — по сути, не менее обоснованна, чем биорезонансная терапия

Можно было бы обсудить возможность регистрации этих излучений, шумы и внешний фон, но главный вопрос — действительно ли ткани и клетки излучают что-то осмысленное, что можно использовать в лечении. Да, электрический ток и электромагнитное излучение создают движущимися электрическими зарядами. В тканях и клетках движущиеся заряды — это ионы. Параметры излучения, которые они создают своим движением, определяются направлением движения зарядов, частотой их колебаний и моментом начала движения. Суммарное поле — сумма всех колебаний, и разделить его на отдельные ткани, органы или клетки невозможно. Все ионы во всех клетках, в крови, в лимфе, в межклеточной жидкости, движутся хаотично, и фактически можно зарегистрировать лишь один общий шум — электромагнитный фон. Только очень большие массивы ионов клеток, организованные и синхронизированные в единый механизм движения, например при сокращении сердечной мышцы (поляризация/реполяризация миокарда. — *Примеч. ред.*), могут давать явный, хотя и слабый, но осмысленный электрический сигнал. Он используется в электрокардиографии (ЭКГ). Однако для ионов в мозге, хотя там движение ионов синхронно при возбуждении нейронов, сигнал уже настолько зашумлен разной частотой колебаний и разной фазой из-за различной пространственной ориентации нейронов, что в записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ) регистрируются лишь частотные ритмы — альфа, бета, гамма, характеризующие общее состояние возбуждения/торможения коры головного мозга и ее участков, но не отдельных клеток. И это не «гармонические частоты», а спектр частот, надежды же на детальную информацию, на расшифровку мыслей по сигналу ЭЭГ не оправдались. И это несмотря на то, что в голове работают синхронно тысячи нейронов с общей протяженностью нервных окончаний в сотни метров и километры, а в них свершают осмысленные колебательные движения мириады ионов. Что уж говорить про излучение от отдельных клеток или бактерий...

То есть даже если и существуют особые движения ионов, то вычленив их электромагнитное излучение на фоне шумов всего организма невозможно. Да и подавить излучение не значит остановить их движение и вылечить пациента. А что такое биорезонансная диагностика? Она пытается диагностировать болезнь по излучению?

С ней дело еще хуже. БРТ хоть как-то связана с физикой, хотя бы внешне напоминает физиотерапию. БРД же ничего общего с наукой не имеет.

Вообще-то внешнее подобие не лечит. А что говорят создатели БРД о своем методе? Должны же они что-то производить?

Они говорят про частотный резонанс, но в плане регистрации электрического сопротивления кожи человека. Якобы на нормальных частотах сопротивление одно, а на патологических — другое, меньшее. И можно диагностировать патологию по уменьшению сопротивления кожи по сравнению с другими частотами.

А это не так?

Активное сопротивление кожи — это сопротивление постоянному току. Оно не зависит от частоты, никакой частоты здесь нет. Реактивное же сопротивление кожи зависит от частоты и определяется емкостью в соответствии с законами физики. Она определяется не патологическими частотами, а физическими свойствами кожи — плотностью, толщиной, влажностью, температурой и так далее.

В курсе физики у студентов-медиков есть такой вопрос: «Электросопротивление кожи зависит от: а) интенсивности салоотделения; б) интенсивности пототделения; в) степени кровенаполнения дермы; г) концентрации солей в тканевой жидкости; д) толщины эпидермиса; е) целостности эпидермиса. Какой пункт здесь ошибочный?» Из самой формулировки видно, что на сопротивление влияют несколько факторов, никак не связанных с заболеваниями. Далее, 90% сопротивления кожи сосредоточено в эпидермисе, в роговом и ростковом слоях, это около 100 кОм. Остальной организм, все ткани и органы, имеют сопротивление не более 1 кОм, на два порядка меньше. Измеряя электросопротивление кожи, мы измеряем сопротивление эпидермиса.

Говорят, что электросопротивление биологически активных точек (БАТ), связанных с тем или иным органом, меняется, если в этом органе заболевание. Можно этим методом проводить диагностику?

Действительно, в некоторых более средневековых вариациях на тему БРД вспоминают про «диагностику по Фоллю», про метод Накатани, про сопротивление БАТ и их связь с органами. Но БАТ — понятие не естественно-научное, в анатомии и физиологии вы их не найдете. Это точки выхода энергии ци, циркулирующей по меридианам, которые связывают все наши органы. Это не наука, а религиозно-философская доктрина. Можно, конечно, поговорить о религии и философии, но вы же спрашиваете меня про медицину и физику? Да, можно диагностироваться и лечиться по канонам, например, китайской народной медицины. Каждый сам выбирает себе и религию, и медицину.



РАССЛЕДОВАНИЕ

Но и результат будет соответствующий. Если посмотреть статистику Всемирной организации здравоохранения, то видно, где меньше смертность, выше излечиваемость, меньше эпидемий, дольше продолжительность жизни — в Китае или, скажем, в Европе. Если бы народная китайская медицина работала эффективнее научной европейской, то не в Европе были бы лучшие статистические показатели, китайские больницы не закупали бы в Европе и США современное медицинское оборудование, не отправляли бы врачей учиться в Европу и другие развитые страны, а некоторые китайские фармацевты не подделывали бы новые западные лекарства. Подавляющее большинство медицинских страховых компаний не оплачивают диагностику и лечение методами любой народной медицины. Компания «Росно», для примера, это прямо указывает в п. 12.1.7 договора.

Ну хорошо. А как же БРД устроена, по вашему мнению, на самом деле?

Знаете, издавна существовали такие, опять же народные, методы диагностики, когда используется система вопросов и ответов «да» и «нет», причем ответ выбирается случайно. Можно подбрасывать монетку, можно использовать маятник из золотого колечка на нитке, рамку лозоходца или гадать на ромашке. Сегодня это БРД, но с компьютером, светодиодами, проводами. Задается вопрос компьютеру: есть ли заболевание печени? И компьютер случайным образом выдает ответ «да» или «нет». При отрицательном ответе выбирается другой орган, при положительном — задается уточняющий вопрос, скажем: «Это онкология?» И так пока не надоест. В качестве же случайного параметра в БРД выступает активное электрическое сопротивление кожи постоянному току, измеряемое и изменяемое металлическим щупом при надавливании им на кожу.

А как это работает в медицине?

В медицине это не работает, реальной диагностики прибор не производит. Вам измеряют сопротивление эпидермиса, которое в сто раз больше сопротивления всего остального организма. Изюминка этой технологии — нада-

вливание шупом на кожу в процессе измерений, раскачивание и возбуждение точки, как пишут авторы. Если бы просто измерялось сопротивление, то по одной его величине (одному числу) никак нельзя было бы диагностировать сотни и тысячи нозологических форм заболеваний — никакой точности измерений не хватит. На экране компьютера выбирается пункт меню, соответствующий органу, заболеванию и т. д. Шупом легко и плавно нажимают на кожу и смотрят показания измерений. Далее выбирают другой пункт, и снова при надавливании проводится измерение. Рано или поздно сопротивление упадет на 20—30% — повреждение при надавливании шупом потовых желез, мембран клеток росткового слоя кожи, да и всего эпидермиса приводит к увеличению увлажнения эпидермиса и его рогового слоя, растворению солей на поверхности рогового слоя кожи и соответственно к увеличению электропроводности. Латунь, из которой сделан шуп, стирается при надавливании на кожу и металлизует роговой слой кожи в месте касания, уменьшая его сопротивление. Латунные и бронзовые статуи блестят в тех местах, которых постоянно касаются люди, — металл истирается, его частицы переносятся на кожу рук (фото 1). При выборе какого-то пункта меню сопротивление упадет — это и считают положительным ответом.

Но прибор может выдать совсем абсурдный диагноз?

Может, если действовать совсем бездумно, но за прибором сидит врач. Пациент на что-то жаловался, и предлагаемые врачом вопросы не будут заведомо абсурдными. Кроме того, можно варьировать силу и частоту нажима на шуп, то есть управлять скоростью наступления повреждений и сопротивлением.

Самое интересное, что диагноз здесь не принципиален, он должен быть лишь не заведомо абсурден, хотя бы отчасти правдоподобен. Если пациент уже ходил к другому врачу, лучше, чтобы диагноз немного отличался от того, который пациенту ставили ранее. Тогда пациент получает объяснение, почему он до сих пор не вылечился, — диагноз был неверный! Но даже при первичном обращении к врачу диагноз в биорезонансных технологиях — вещь второстепенная.

Почему?!

Обычно диагноз нужен, чтобы грамотно выбрать метод лечения. А здесь метод один и тот же для любого диагноза — вам предложат в качестве лекарства при любом раскладе некую «заряженную» гомеопатическую крупинку (гомеопаты говорят «крупку»).

Мне кажется, это похоже на колдовство. Что это за технология?

А это так называемая современная электронная гомеопатия, существующая рука об руку с БРД. Слова «информация», «запись и копирование информации», «информационные потоки» теперь у всех на слуху. Некоторые люди с восхищением отнесутся к тому, что на гомеопатическую крупинку компьютер или иное электронное устройство запишет информацию, которая будет сродни информации о нужном лекарстве (которого, возможно, и в природе не существует), и которая ей будет лечить, если они эту крупинку будут принимать внутрь. Как говорят деятели от БРД, они создают на ней «электронную копию нужного лекарства». И здесь, по их уверению, только информация, нет никакой химии! Поэтому не будет и никаких побочных эффектов (а какие побочные эффекты от маленькой сахарной крупинки). Одним словом, гомеопатия, только электронная. Запись производится на приборах с такими характерными металлическими чашечками (фото 2), проводами питания и батарейками он не обременен. По словам создателей, он работает от энергии Космоса. Странно, что они не говорят «от темной энергии».

Наверное, из-за мрачных ассоциаций?

Может быть. Однажды я спросил продавца на выставке в Экспоцентре в Москве: «Раз нет питания у прибора, то он будет работать вечно, это вечный двигатель?» Девушка честно ответила: «Да, мы уже давно изобрели вечный двигатель, как вы говорите. Но это не самое важное и интересное наше изобретение. Это ерунда, промежуточный этап. Самое интересное у нас — это его применение для наших энергоинформационных медицинских технологий».



2
Прибор для записи информации на гомеопатическую гранулу

Проверял ли официально кто-то, когда-то и где-то, скажем, по линии Министерства здравоохранения, корректность этих методов диагностики и терапии с точки зрения медицины? Если да, то каковы были результаты? Если нет — почему не проверялись? Ведь это и интересно, и имеет коммерческий смысл — если я докажу, что конкурент шарлатан, то пойдут лечиться ко мне.

Тут три вопроса, ответу по порядку. Если говорить о приборах, то официально все приборы медицинского назначения должны проходить клинические испытания. Нам результаты таких официальных испытаний не известны. Но если они и были, то очевидно, было написано, что они положительны. Более того, Министерство здравоохранения в свое время даже утверждало методические рекомендации по применению БРД, например, для «выявления лиц, употребляющих наркотические вещества» (методические рекомендации № 2001/98, утверждены первым заместителем министра; в настоящее время этот документ нетрудно найти на сайтах специалистов по биорезонансу, однако на сайте Минздрава нам его не удалось обнаружить). Представляете, какое поле для творчества врача-диагноста! Нажал нужным образом на шуп, и пациент — наркоман. Или не нажал — и не наркоман, хотя все вены в дырках. Но в министерстве однажды и экстрасенсов предлагали лицензировать и узаконить их методы лечения. Видимо, «кто-то кое-где у нас порой» подписывает бумаги без независимой профессиональной экспертизы. Не говоря уже о коммерческой выгоде, как вы ее назвали. Это ровно та же ситуация, что и с нашумевшими недавно липовыми диссертациями. В медицине иногда сложнее установить истину, нежели в других областях науки, особенно по эффективности терапии, — действует очень много факторов. В частности, гомеопатия — извечное поле брани. Проверялась ли Минздравом ее эффективность?

Касаемо же «пойдут лечиться ко мне» — это тоже весьма непростая тема. Если бы можно было просто пойти к врачу и вылечиться раз и навсегда! Можно, да, но это только единичные случаи, единичные врачи и единичные заболевания. Большинство же пациентов, попадающих на БРТ-БРД, — хроники. Они уже походили по врачам, им мало кто помог. Одна из причин, подпитывающих эти технологии, — для многих заболеваний пока нет стандартных средств лечения с высокой эффективностью. И несчастные пациенты идут к

УТВЕРЖДАЮ



РАССЛЕДОВАНИЕ

МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ЛИЦ, УПОТРЕБЛЯЮЩИХ НАРКОТИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ № 2001/78

Тестирования наркотических веществ основано на их тенденции частичного фиксирования в организме, замедленной утилизации и не полном выведении, и наличия эффекта памяти. Это подтверждается различными методами диагностики в организме наркотических веществ и их метаболитов. Например, иммунохроматографический метод позволяет определить их наличие вплоть до 5-7 суток от момента употребления, хромато-масс-спектрометрический метод - до нескольких месяцев от момента употребления.

Представленный в электронном медикаментозном селекторе гомеопатический ряд наркотических веществ соразмерен определенным концентрациям, оставшихся и не выведенных из организма наркотиков. Это позволяет, измеряя показатели электропроводности на ТИ организма, выявлять сроки утилизации наркотиков. Следовательно, с помощью высокочувствительного метода ВРТ можно не только выявить факт употребления наркотических веществ (наиболее точно в течение последнего года), но и наличие фактов употребления в отдалённом прошлом, с указанием ориентировочного срока последнего употребления, однократность или многократность этого употребления.

Фрагмент «Методических рекомендаций...», утвержденных Минздравом РФ. Результаты, полученные несерьезным методом, могут иметь весьма серьезные последствия

вечному двигателю и информационным таблеткам: а вдруг поможет?

Когда корректность этих методов проверялась в вашей лаборатории, каковы были результаты?

В наши задачи входит проверка новых методов и приборов на предмет их соответствия представлениям физики и естественности в целом. Если нет внятного физического принципа лечебного действия прибора, если нет теоретических предпосылок, патогенетического обоснования, то не следует испытывать его на пациентах. Но можно попробовать разобраться в конструкции прибора, в сути метода, понять, есть ли там рациональное зерно. Мы работали с врачами, использовавшими БРД, — три разных врача, три разных прибора. Ставили диагноз мне — получили три разных диагноза в течение часа. Причем, понимая, что я что-то проверяю, они ставили самые расплывчатые диагнозы, подходящие любому человеку в возрасте около 50 лет: не все в порядке с зубами, сниженная эластичность сосудов, возможно переутомление, возможно небольшое нарушение обмена веществ или дисбактериоз. Мы разбирались и в

конструкциях приборов, чтобы понять, что они измеряют. Говорили с инженерами фирм-производителей. Никто из них и не пытался всерьез убедить нас в вечном двигателе и записи информации, они точно знали устройство и принцип действия или бездействия их детища, смеялись над принявшими плацебо-диагностику (термин одного из создателей) за новую медицинскую технологию. Ну и разумеется, мы легко проверили «перенос информации» на гомеопатическую крупинку и ее лечебный эффект.

На пациентах?

Нет, конечно. Помните, как-то мы беседовали об антимикробном действии серебра (см. «Химию и жизнь», 2012, № 10). Переносим «информацию» о любом антибиотике на крупинку и даем это «лекарство» бактериям на проверку.

И что?

Нобелевскую премию мы не получили. Бактерии выжили.

Хорошо, с БРТ, БРД и электронной гомеопатией понятно. Но в Интернете встречаются еще термины «вегеторезонансное тестирование» и «вегеторезонансная диагностика», соответ-

ственно 65 тысяч ссылок и 100 тысяч. В рекламе демонстрируются патенты, но нынче выданы патенты и на вечные двигатели. А по сути дела — это то же самое или нечто иное?

Это ВРТ и ВРД, разновидность БРД. Организм пациента отвечает на вопросы, а они могут быть любыми. Например, можно спросить, какое лекарство нужно больному. Кладете попеременно на стол (или в специальный «медикаментозный селектор» — те же металлические чашечки) разные таблетки — настоящие, предлагаемые официальной медициной, — и спрашиваете по очереди: «Этой надо лечиться?» Нет. А этой? А этой?.. Так осуществляется индивидуальный подбор лекарств в ВРТ (ничего страшного, если лекарство даже не от этого заболевания, все равно потом врач назначает не его, а «запишет» информацию на крупинку). Так же предлагалось в упомянутых выше методических рекомендациях тестировать и на наркотики. Но тут есть проблема: чтобы работать с наркотиками, нужно специальное разрешение. Поэтому на чашечки прибора кладутся не сами наркотические препараты, а их гомеопатические разведения или их электронные копии, записанные ранее на крупинку, и потом задается ключевой вопрос: это употреблял? А это? Естественно, сопротивление рано или поздно упадет, и диагноз будет зависеть от того, что лежало в этот момент в чашечке. Если врач не видит, что лежит в чашечке, то прибор при подборе лекарств срабатывает на все, что угодно: пуговицу, горшину, бусину, — можете сами проверить. Заболевания тестируются сходным образом, по органным тест-препаратам — фрагментам, растворам, порошкам патологически измененных биотканей.

В Интернете можно видеть много положительных отзывов пациентов. Естественно, никто не проверял, существуют ли эти пациенты в действительности, кроме того, у посетителя Кашпировского и Чумака насморк проходил без влияния гипноза — просто потому, что насморк рано или поздно проходит. Однако не влияет ли на больного сам факт того, что им занимается врач, занимается



персонально, ласково разговаривает, употребляет умные слова, что-то индивидуально подбирает? То есть не действует ли еще и некое межчеловеческое плацебо?

Да, только это называется не межчеловеческое плацебо, а психологическая компонента лечения. Она есть при любом лечении. Наш организм — не просто набор клеток и органов, он управляется на многих уровнях. Высший уровень регуляции — центральная нервная система. Психоземotionalное состояние человека, его настрой, эмоциональный жизненный фон, а также контакт с врачом, степень доверия — все это влияет на работу организма. Понятно, что при любом заболевании стимуляция деятельности соответствующих систем, например иммунной системы при вирусных заболеваниях, будет способствовать лечению. Недоверие к врачу часто угнетает внутренние силы организма, тормозит деятельность его систем, что снижает эффективность лечения. Говорят, все болезни — от нервов, это преувеличение, но доля правды здесь есть. Психосоматическая компонента обнаруживается практически при любом заболевании. В книге «Плацебо и терапия» (автор — профессор И.П.Лапин) говорится, что при некоторых видах лекарственной терапии плацебо-эффект в лечении составлял до 80 % от общего лечебного эффекта!

Не усиливается ли действие «межчеловеческого плацебо» тем, что врач этот тебе довольно дорого обошелся и что данные обрабатывает компьютерная программа? Но поэтому ли все многозначительно повторяют малоосмысленные слова «компьютерная диагностика»?

Про денежный компонент в психосоматике заболеваний я ничего определенного сказать не могу. Возможно, для кого-то оплата услуг врача психологически важна и комфортна, что усиливает лечебный эффект. А кто-то при одной мысли, что придется потратить лишние деньги, получает инфаркт. Но про компьютерную диагностику кое-что сказать можно. С одной стороны, современное оснащение приборами повышает доверие к врачу. Представьте два варианта:

один и тот же доктор принимает вас в кабинете, где ничего нет, только стол, на котором стоит одна большая спринцовка (клизма, по-простому), а другой его кабинет оснащен по последнему слову техники. В каком случае доверие к врачу будет больше?

Но в случае биорезонанса применивается еще и попытка сбить с толку. Расплывчатый термин «компьютерная диагностика» близок профессиональному термину «компьютерная томография». Это как «Сберегательный банк» и «Банк сбережений» — разные банки, но схожесть названий может дезориентировать. Прием не совсем жульнический, но на грани. Кто же не верит сегодня в силу компьютеров?

И еще один вопрос, если позволите, про психологию тех, кто применяет подобные методы и приборы. Среди них есть, наверное, просто жулики, которым наплевать на все, кроме дохода. Кто-то, имеющий остатки совести, уговаривает себя, что прямого вреда не приносит, а косвенный, — что больной не лечится, его не касается. Действительно, граждане несли Мавроди денежки добровольно, в отличие от государства, которое берет налоги принудительно. Не исключено, что есть врачи, которые, не зная институциональной физики, искренне верят, что лечат. Не может ли врач из вороха бессмысленных данных вылавливать то, что он, наблюдая пациента, уже ощутил? Не действует ли тут механизм, который используют психологи, интерпретируя данные тестов свободных ассоциаций, Роршаха или теста Люшера?

Да, это возможно. Про откровенных врачей-жуликов говорить не будем. Это не интересно, и их, к счастью, меньшинство. Опыт же моего общения с врачами, которые используют БРД и всю эту прочую муру, показывает следующее. Это люди, безусловно ориентированные в первую очередь на личный заработок и самоутверждение. Только представьте: любая диагностика плюс любое медикаментозное лечение и любое «лекарство» исключительно в его руках — никуда больше, ни к какому другому специалисту, даже в аптеку, не надо посылать пациента. Все можно сделать прямо в кабинете за один прием. И все это делает он один! ВРАЧ. Он лечит. Не нужны

более никакие другие кабинеты, врачи и клиники. И все расходы на лечение пациент оставляет в одном месте (смею напомнить, что обычно в обследовании и лечении участвуют специалисты разных профилей, лабораторные службы, процедурные сестры — одного универсального врача нет).

Многие врачи верят, что помогают пациенту. Они знают и про плацебо, и про побочные эффекты реальных лекарств, и про все остальное — у них есть медицинское образование. Но они понимают, что часто официальная медицина помочь не может, и берутся за дело. Прибор БРД-ВРД — только повод для общения с пациентом. Диагноз они ставят не по показаниям этого прибора, а по тому впечатлению, которое у них складывается при опросе пациента во время диагностики. Во время диагностики они не молчат, а ведут профессиональную беседу, расспрашивая, что болит, где, как, когда заболело, и, конечно, любой профессиональный врач за 15—20 минут доверительного общения при откровенных, развернутых ответах в 80—90% случаев поставит правильный диагноз. Или, как минимум, очертит круг возможных заболеваний (любой нечестный или взятый с потолка ответ собьет их с толку — проверено).

А дальше — обычная гомеопатия: наверное, многие гомеопаты верят, что помогают людям. Некоторые «бээрдисты», кстати, если чувствуют, что заболевание серьезное, могут посоветовать пойти к врачу, в смысле, к специалисту. Но для большинства пациентов важнее участие — если есть внутренние силы у организма, есть что активизировать.

Многие хронические заболевания проявляются волнообразно. Фазы обострения сменяются фазами ремиссии, улучшения. Вы пойдете к врачу во время обострения, кушаете заколдованную крупинку, последует улучшение! Но когда внутренние силы у организма закончатся, улучшения может больше и не наступить. Есть такой принцип у врачей — «не навреди». Я бы добавил еще и для пациентов: не навреди самому себе!

Беседовал
Л.А.Ашкинази



Серокрылая чайка усвоила,
что приманка всегда
в меньшей коробке



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Мысли без слов

Кандидат
биологических наук

Н.Л.Резник

*Сильною жаждой томясь, ворона кувшин увидела,
В нем глубоко на дне было немного воды.
Ею желая унять безмерную жажду, ворона
Долго старалась поднять влагу поближе к краям;
Но, увидав, что силою здесь не добиться удачи,
Негодования полна, птица на хитрость идет:
Камешки в воду бросая, она дождалась, чтобы стала
Выше в сосуде вода, и без труда напилась.
Это нас учит тому, что разум надежнее силы:
Даже и птица с умом цели добьется своей.*

Эзоп. Ворона и кувшин

Жизнь по понятиям

Басня, открывающая статью, написана на основании истории, рассказанной греческим историком Фукидидом (IV в. до н. э.). Фукидид писал, что жарким днем увидел ворона рядом с дуплом, на дне которого было немного воды. Ворон хотел напиться, но не мог дотянуться. Тогда птица стала бросать в дупло камешки, пока уровень воды не поднялся настолько, что ворон смог попить. К этому рассказу потом обращались многие, в том числе Аристотель и Эзоп, подобные сказки в ходу и у народов Поволжья, но они повествуют о вороне. Да и у наших современников в запасе есть множество историй об удивительной сообразительности животных. Люди веками наблюдали за ними в различных ситуациях и укреплялись в мысли, что животные разумны, хотя и не в такой степени, как человек. В научную среду представление о том, что у животных действительно есть зачатки мышления, ввел Чарльз Дарвин. Он писал: «Из всех человеческих способностей разум, несомненно, ставится на первое место, но лишь немногие могут отрицать, что разница между психикой человека и высших животных, как бы она ни была велика, это, конечно, разница в степени, а не в качестве».

В науке любое утверждение требует доказательств. Чтобы доказать разумность животных, надо исследовать их психику, а сделать это можно лишь одним способом — изучая поведение.

Основу поведения и животных, и человека составляют три компонента. Это прежде всего инстинкты — врожденные, характерные для всего вида и стереотипные по исполнению поведенческие акты, которые приспособливают животное к условиям среды, типичным для данного вида. Каждая особь может усовершенствовать эти действия, чтобы лучше адаптироваться к той обстановке, в которой она живет. Происходит это постепенно, в результате обучения. Ключевое слово здесь «постепенно». Повторенье — мать ученья. В природе животное учится на собственном опыте, перебирая возможные варианты решения проблемы, пока не найдет нужный, или перенимает опыт у собратьев по виду.

Раньше считалось, что инстинктами и обучением поведение животных и ограничивается, а мышление свойственно исключительно человеку и неотделимо от его трудовой и речевой деятельности. Мышление человека имеет чрезвычайно сложную структуру, включает различные операции, из которых главную роль играют обобщение и абстрагирование, то есть способность мысленно объединять предметы и явления по общим для них существенным признакам и при этом абстрагироваться от признаков второстепенных. В результате обобщения формируется понятие, то есть отвлеченная, систематизированная информация о наиболее существенных и общих признаках класса предметов или явлений. Например, мы знаем (или должны знать), что такое шар и каковы его свойства, и понятие о шаре не зависит от того, есть вокруг нас идеально круглые предметы или нет. Понятия — основная форма мышления, на их использовании основана речь.

У животных речи нет, но понятия они формируют. Строгие научные доказательства мышления животных исследователи начали получать около века назад. В 1913 году зоопсихолог и приматолог Надежда Николаевна Ладыгина-Котс приобрела шимпанзе, два с половиной года изучала его поведение и затем опубликовала статью, в которой утверждала, что шимпанзе способны не только к обучению и дрессировке, но и к обобщению и абстрагированию, то есть основным операциям мышления. В 1914 году немецкий психолог Вольфганг Келер поселился на Тенерифе, оборудовал там лабораторию и в течение шести лет изучал способности шимпанзе добывать приманку с помощью орудий в непривычных условиях. Так он исследовал еще одну составляющую мышления — способность проанализировать незнакомую ситуацию и найти выход с первого раза, не перебирая варианты. Отсутствие перебора вариантов в случае, когда нет готового решения, отличает мышление от обучения.

Однако идея о том, что мышление присуще не только людям, прививалась с трудом. До недавнего времени принято было считать, что поведение животных определяется исключительно рефлексам. Между тем сам создатель науки о высшей

нервной деятельности (ВНД) в конце жизни придерживался другой точки зрения. И.П.Павлов повторял опыты В.Келера и пришел к выводу, что не все явления ВНД укладываются в понятия условного рефлекса: «...А когда обезьяна строит вышку, чтобы достать плод, это условным рефлексом не назовешь. Это есть случай образования знания, улавливания нормальной связи вещей, зачатки того конкретного мышления, которым мы орудуем».

Правило экономии

Итак, в основе поведения животных и человека лежат инстинкт, обучение и мышление. В каждом поведенческом акте они смешаны в разной пропорции, причем в действиях, внешне сходных, могут преобладать разные компоненты. Дарвиновский выюрок, обитающий на Галапагосских островах, питается насекомыми, которых палочкой выковыривает из-под коры. Так поступают все представители вида, по-другому они прокормиться не могут, и в основе этого поведения лежит инстинкт. А вот совсем другая ситуация. В лаборатории Массачусетского университета сойку готовили к эксперименту. Сидела она в пустой клетке на чистой газете голодная, а вокруг валялось много разбросанных, выплюнутых остатков пищи. Эта замечательная птица оторвала от газеты полоску, с помощью клюва и лап сложила ее вдвое, просунула сквозь прутья клетки и стала подгребать к себе корм. Внешне такое поведение очень похоже на поведение выюрка: обе птицы используют орудие для добычи корма. Однако в естественных условиях сойки палочками никогда не пользуются. Птица впервые попала в такую ситуацию, но быстро сориентировалась и использовала доступные средства, чтобы достать еду. Это, безусловно, мышление — решение абсолютно новой задачи с первого же раза. Вокруг этой гениальной птицы сидели другие сойки, тоже в клетках, на газетках и голодные. Увидев, что делает их соседка, восемь птиц из двенадцати последовали ее примеру и стали подгребать корм. Это уже подражание, обучение в чистом виде. Кстати, обратите внимание на это соотношение: лишь одна птица догадалась, что нужно делать, и только восемь из двенадцати стали ей подражать. Когда мы будем говорить о том, на какие умственные подвиги способны представители того или иного вида, следует помнить, что речь идет именно об отдельных особях. Не все представители вида способны к обучению, а к мышлению тем более.

Но вернемся к поведению животных. Оценивать его могут

только специалисты, потому что высокоадаптивные и на первый взгляд «разумные» действия на самом деле могут оказаться результатом предшествующего обучения или врожденной инстинктивной реакции. Ворона известна своими интеллектуальными возможностями, о них мы поговорим чуть позже. Вооруженные этим знанием люди смотрят, как она размачивает в луже окаменевший сухарь, и восхищаются ее умом. Однако орнитологи знают, что врановые начинают размачивать пищу на пятой-шестой неделе жизни даже в том случае, когда они воспитываются в неволе и не имеют возможности подражать родителям. Так что размачивание сухаря — это не проявление мышления, а типичное инстинктивное поведение.

Анализируя поведение животных, всегда нужно помнить, что их действия могут иметь в своей основе психологическую способность более низкого уровня, нежели акт мышления. Английский биолог и психолог Конви Ллойд Морган сформулировал «правило экономии», названное также каноном Моргана: «То или иное действие ни в коем случае нельзя интерпретировать как результат проявления какой-либо высшей психической функции, если его можно объяснить на основе наличия у животного способности, занимающей более низкую ступень на психологической шкале».

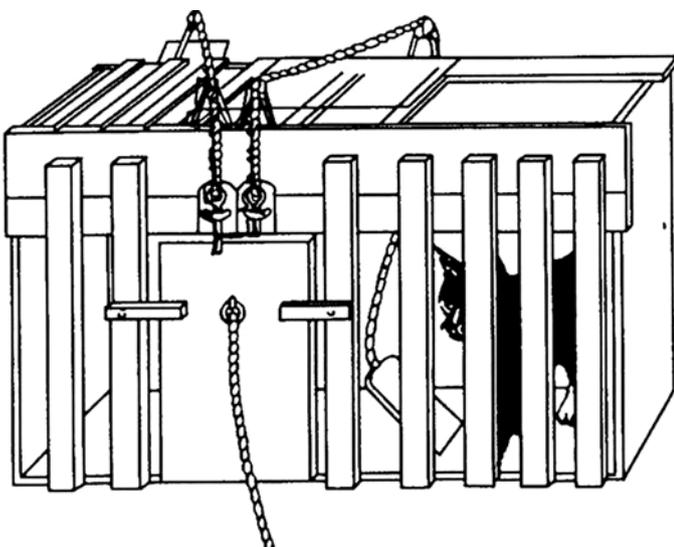
Анализируй это

Первые данные о мышлении животных были получены благодаря наблюдениям в природе, которые проводили зоологи и этологи. Современные технические средства позволяют сделать эти наблюдения более систематическими, но в настоящее время большую роль играют лабораторные эксперименты и сопоставление полученных результатов с данными наблюдений. Задачу, которую решал ворон Фукидида, время от времени предлагают разным врановым птицам (грачам и новокаледонским воронам). Приманку помещают в узкий цилиндр, в который налито немного жидкости. Птицы понимают, что клювом они не дотянутся, и сразу начинают кидать в воду камешки. Одна новокаледонская ворона даже решила задачу с сообщающимися сосудами: чтобы вытащить орешек из одного цилиндра, надо было кидать камешки в другой. Значит, рассказ Фукидида не миф — доказано экспериментально.

В лаборатории удобно изучать такое проявление мышления животных, как орудийная деятельность. Именно этими исследованиями занимался в своей лаборатории на Тенерифе В.Келер. Шимпанзе в вольере предлагали достать приманку с помощью посторонних предметов — орудий. Задачи постепенно усложнялись, вот условие самой трудной: за решеткой висит банан, он виден, но недоступен; под потолком закреплена палка, а в вольере стоят ящики, наполненные камнями. Камни можно было выложить, из ящиков построить пирамиду, снять палку и с ее помощью достать банан. Шимпанзе по кличке Султан успешно с этим справился.

Вообще, шимпанзе решали одну и ту же задачу разными способами, иногда весьма оригинальными. Например, когда Келер входил в вольер, обезьяна иногда брала его за руку, подвела под приманку и подсаживала к себе на плечи. Другой шимпанзе сам взбирался на плечи экспериментатору. Один раз обезьяна отвязала веревку, которая фиксировала дверь, прокатилась на этой двери и с ее помощью дотянулась до лакомства.

Методика Келера заключалась в том, чтобы предлагаемая задача была всегда новой для животного и имела структуру, доступную для анализа, то есть и приманка, и предметы, с помощью которых ее можно достать, находились на виду. Такая организация эксперимента принципиально отличалась от опытов с проблемным ящиком Торндайка. Устройством, получившее имя своего изобретателя, американского психолога Эдварда Ли Торндайка, стало одним из первых лабораторных аппаратов, разработанных для исследования научения. Это



*Кошка в проблемном ящике Торндайка.
Искать выход ей приходится методом «тыка»*



Пражский зоопарк. Горилла Мойя в «галлошах» из стружки

действительно ящик с решетчатой стенкой, в который запирали голодную кошку. По другую сторону решетки ставили блюдце с кормом, но, чтобы выйти наружу, надо было открыть дверь. Для этого кошке приходилось нажимать на рычаг или тянуть за цепочку, а иногда выполнять несколько последовательных действий. Веревки, соединявшие рычаги с дверными замками, находились вне поля зрения, за деревянными стенками ящика, поэтому причинно-следственную связь между ними кошка постичь не могла и действовала наугад, методом проб и ошибок. В конце концов, перебрав множество вариантов, зверь случайно совершал нужные действия и запоминал их последовательность. Опытная кошка освобождалась из ящика очень быстро.

В отличие от кошки, которой приходилось перебирать варианты, шимпанзе Келера могли проанализировать все условия задачи и решали ее с первого раза, без слепых проб и ошибок. Такое решение получило название «инсайт», что значит «проникновение» или «озарение». На самом деле озарение — процесс многоступенчатый. Животное должно оценить взаимное расположение приманки и других предметов, определить количественные параметры необходимого орудия и составить мысленный план действий, которому оно потом следует. И когда обезьяна сооружает из ящиков вышку, с которой она сможет палкой дотянуться до лакомства, то палку все время держит в руке, то есть знает заранее, что палка ей понадобится.

Этапы решения инсайтной задачи совпадают с этапами процесса мышления человека, которые выделял советский психолог А.Р.Лурия: ориентировка в условиях задачи, выработка общей стратегии ее решения, подбор соответствующих средств и операций и сопоставление полученных результатов с исходными условиями задачи.

Инсайтные задачи, которые могут быть решены с первого раза, стали универсальным инструментом для изучения зачатков мышления. Сейчас подобные работы проводят в Центре изучения приматов имени Вольфганга Келера в Институте эволюционной антропологии Макса Планка. О многолетних исследованиях американских ученых из Центра изучения человекообразных обезьян Great Ape Trust «Химия и жизнь» уже писала (2012, № 8). Ученые доказали, что шимпанзе бонобо могут общаться с человеком на языке символов (лексиграмм), каждый из которых обозначает определенное слово, и понимают звучащую речь человека. Шимпанзе Канзи, который на-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

учился понимать устную речь, слушая разговоры людей, может выполнять достаточно сложные просьбы: приносит и уносит, что надо, делает укол игрушечной собачке, расшнуровывает и снимает ботинки с экспериментатора. Сейчас в Центре живет уже третье поколение бонобо, понимающих лексиграммный английский, впрочем, их уровень владения языком не выше, чем у двухлетнего ребенка. Также заметим, что способностью к языку обладают не все обезьяны Центра, а лишь некоторые.

Большой брат следит за тобой

За прошедшее столетие многие исследователи повторяли опыты Келера, развивая их в том или ином направлении. Благодаря их усилиям наличие зачатков мышления у животных уже не вызывает сомнений. Эти данные оказали огромное влияние на судьбу когнитивных исследований. Особенность их современного этапа состоит в том, что экспериментальные результаты сопоставляют с данными о поведении животных в естественных условиях. Поведение животных в лаборатории отличается от такового в природе. Например, в лаборатории орудиями пользуются представители всех видов человекообразных обезьян, а на воле в этом замечены только шимпанзе, суматранские орангутаны и гориллы.

Огромную роль в развитии наблюдений сыграла этология, возникшая в 1930-е годы наука о видоспецифическом поведении человека и животных. В 1960-е годы британская исследовательница Джейн Гудолл, ныне всемирно известный приматолог и этолог, начала изучать поведение шимпанзе в естественных условиях в Национальном парке Гомбе-Стрим в Танзании. В первые же годы она обнаружила, что шимпанзе в природе активно используют в качестве орудий разные предметы, причем орудия им нужны не только для добывания пищи. Молодой самец Майк захотел стать лидером в группе, но у него ничего не получалось, на его демонстрацию силы никто даже внимания не обращал. Но когда он исполнил весь положенный ритуал, гремя двумя пустыми бидонами от керосина, это произвело неизгладимое впечатление. Правда, эту демонстрацию пришлось проводить в течение четырех месяцев, зато Майк оставался лидером в группе до конца дней. Вот уж действительно «разум надежнее силы».

Еще одна возможность когнитивных исследований — опыты в природных условиях. Животные находятся в привычной обстановке и ведут себя естественно, однако предлагаемая им задача не должна входить в их обычный поведенческий репертуар. Сложно найти животных, безразличных к присутствию человека. Специалисты лаборатории физиологии и генетики поведения кафедры высшей нервной деятельности биофака МГУ имени М.В.Ломоносова исследовали когнитивные возможности серокрылых чаек *Larus glaucescens*, живущих на острове Топорков (один из островов Командорского архипелага в Беринговом море). Это охраняемая территория, и чайки не боятся людей. В период гнездования каждая пара чаек занимает свой участок и тщательно охраняет его от посягательств соседей. Доминирует в паре всегда самец, и пер-



Ворона, которая научилась различать наборы разных и одинаковых треугольников, различает и сердечки

вым к приманке подходит именно он, поэтому эксперименты проводили с самцами. Пометив участки, можно каждую птицу найти на постоянном месте и там же предлагать ей разные задачи. О результатах этих исследований мы расскажем далее.

Возможности наблюдателей расширило широкое применение видеозаписи. Ее ведут в зоопарках и в лаборатории во время эксперимента. При наблюдениях за животными в естественных условиях камеры ставят в определенных местах, например у термитника, к которому приходят кормиться шимпанзе (см. «Химию и жизнь», 2011, № 7).

С 2000 по 2013 год чешские исследователи под руководством М.А.Ванчатовой, ведущего приматолога Чехии, проводили видеонаблюдение за гориллами Пражского зоопарка. Гориллы там живут группой, которая имеет такую же структуру, как в природе: главный самец, самцы помоложе, которые знают свое место, несколько самок, а также подростки и постепенно появляющиеся детеныши. В их вольере круглосуточно работали четыре видеокамеры. Анализ видеозаписей позволил увидеть много примеров использования различных предметов, которые могли бы остаться незамеченными. В стене вольера есть окошко, ведущее в препараторскую, а в противоположной стене препараторской — другое окошко, в карантин. Когда в карантин привезли новую обезьяну, гориллы толпились у внешнего окна, чтобы ее разглядеть. Одним прекрасным утром главная самка составила под окошком пирамиду из двух ящиков и стала наблюдать с комфортом. Так ящики послужили средством для удовлетворения обезьяньей любознательности. Их также использовали как оружие при конфликтах, гнездо, поднос и «трибуну» для саморекламы. Роль ступеней исполняли также корзины и мяч. Приманку доставали прутиками и палками. Всего исследователи насчитали около 20 способов применения присутствующих в вольере посторонних предметов. Особой популярностью пользовалась стружка: гориллы делали из нее подушку, а когда неожиданно выпал снег, клали на пол вольера для защиты от холода и сырости. Молодая самка Мойя нагребала стружку себе под ноги и шаркала на этих кучках по заснеженному полу, как в галошах. Мойя и другая обезьяна, Тату, независимо друг от друга догадались, что стружкой можно закрыть фотоэлемент в фонтанчике с водой. Мойя любила мыться, но вода в фонтанчик поступала дозировано, а при закрытом фотоэлементе непрерывно текла тонкой струйкой. Так постоянная видеорегистрация животных в группах, сходных с естественными, расширила наши представления об орудийной деятельности животных и доказала ее реальное приспособительное значение.

Кто еще на такое способен?

Так получилось, что человекообразные обезьяны стали первым объектом изучения когнитивных возможностей животных. В настоящее время функции мозга в какой-то мере изучены у хищных и травоядных рыб (они не блещут способностями), амфибий, черепах и ящериц; врановых, попугаев,

голубей, чаек и мелких воробьиных птиц; высших и низших приматов, хищных млекопитающих, слонов, дельфинов, диких и лабораторных грызунов.

Низшие обезьяны никогда добровольно палку в руки не возьмут, хотя их можно этому научить. По-видимому, именно за счет обучения у старших и поддержания навыков в природе существуют популяции низших обезьян, которые пользуются орудиями. Капуцины, например, разбивают камнем орехи.

Дельфины способны к высокому уровню обобщений, использованию орудий и усвоению простейшего аналога человеческого языка. Они даже узнают себя в зеркале. Слоны тоже узнают свое отражение и используют тумбы и палки, чтобы дотянуться до желаемого предмета.

Что касается хищных млекопитающих, в том числе собак, то они на первый взгляд не столь умны, как кажется их хозяевам. Их многому можно научить, но они не в состоянии решить задачи, в которых надо подтянуть приманку за веревку, а связь веревки с лакомством не очевидна. Они не способны к высокому уровню обобщения, то есть научившись, к примеру, выбирать большую из двух фигур, они не переносят этот навык на группы, состоящие из разного числа элементов. Им также трудно находить приманку, которую загораживают от них ширмочкой и прячут в объемную фигуру. Потом ширмочку убирают, а перед глазами голодного зверя две фигуры: объемная и плоская. Чтобы достать лакомство, надо сообразить, что приманка, пропавшая из поля зрения, не исчезла совсем, а спрятана, что она влезет не в двухмерную фигуру, а только в объемную. Такую задачу хищники с первого раза не решают, но их можно этому обучить.

До недавнего времени считалось, что хищные млекопитающие не способны к использованию орудий, но эти представления постепенно меняются благодаря видеонаблюдениям. Одну такую видеозапись сделали в австралийском Центре изучения динго. Собаки пытались достать приманку, подвешенную под потолком их клетки. Животные бродили по клетке, пока одна собака не подтащила зубами стол. Тут же на него вскочила другая, но дотянуться не смогла, потому что стол стоял далеко от приманки. Подвигать его еще раз почему-то не стали, однако в конце концов динго удалось сорвать приманку.

Вторая запись сделана на кухне. Собака породы бигль очень хотела попасть на кухонный стол, а запрыгнуть с пола не могла. Тогда она пододвинула стул, и все получилось. Трудно на основании двух примеров судить о когнитивных способностях хищников, для этого нужны дополнительные разносторонние исследования.

Птичий мозг

Мыслительные способности млекопитающих зависят от относительного размера их мозга и сложности строения коры. Мозг птиц принципиально отличается от мозга млекопитаю-

щих не только внешним строением (он практически лишен извилин), но и внутренней структурой. Как и у млекопитающих, мозг у разных видов находится на разном уровне развития. Для оценки его сложности используют полушарный индекс Портмана — отношение веса больших полушарий к весу ствола мозга птицы из отряда курообразных аналогичного веса. Ствол мозга объединяет самые старые отделы головного мозга: продолговатый мозг, варолиев мост и средний мозг. Курообразные приняты за точку отсчета как один из древнейших отрядов с примитивным мозгом. У кур и голубей индекс Портмана всего 3—4, у врановых он достигает 18, у попугаев ара — 28.

Несмотря на отсутствие передних лап, птицы пользуются орудиями и даже их изготавливают, действуя ногами и клювом. Лидируют в этой области врановые и крупные попугаи — птицы с большим и тонко дифференцированным мозгом. Новокаледонская ворона, например, в природе достает из-под коры насекомых, используя четыре вида палочек и крючки, которые выкусывает из листьев древовидного растения пандануса. В лаборатории ворона Бетти согнула крючок из металлической проволоки, то есть использовала совершенно непривычный материал и новые методы его обработки: в естественных условиях эти птицы ничего не сгибают. Если Бетти предлагали на выбор несколько заготовок, она непременно подгоняла их, чтобы удобнее было добраться до корма. Исследователи полагают, что эта суперптица держит в голове мысленный образ необходимого орудия. (Подробно об исследовании новокаледонских ворон и сравнении их когнитивных способностей со способностями млекопитающих «Химия и жизнь» писала в № 12, 2013.) Сходную задачу предложили грачам, которые в природе орудия не используют. Грачи решили проблему с первого раза, только крючок сгибали не так, как новокаледонские вороны.

Африканские серые попугаи *Psittacus erithacus* по звуку определяют, пуст контейнер или полон. Экспериментатор встряхивал стаканчик, ставил его перед попугаем, и птица опрокидывала стаканчик лишь в том случае, когда там гремело. Это нам задача кажется простой, а вообще, это уровень трехлетнего ребенка. Собаки с ней не справляются, многие приматы тоже.

Врановые оказались способны к символизации, то есть к установлению связей между действиями, явлениями, понятиями с одной стороны и некими исходно безразличными для субъекта знаками — с другой. В одном из опытов вороне предлагали два стаканчика, один из которых был закрыт крышечкой с двумя одинаковыми треугольниками, а на второй крышечке один треугольник большой, другой маленький. И в каком же стаканчике лакомство? Это зависело от того, какая карточка лежит между стаканчиками: S (same) или V (various). Ворона быстро обучилась этой премудрости и, когда треугольники на крышках заменили на сердечки, все равно решала задачу правильно.

Инсайтные задачи «достань приманку», которые предлагают животным для оценки их когнитивных способностей, существуют и для птиц, но, поскольку они не могут взяться за палку, птицам предлагают подтягивать приманку, прикрепленную к нити. Тест состоит из нескольких задач разного уровня сложности. Специалисты лаборатории физиологии и генетики поведения протестировали таким образом птиц разных видов. В наипростейшем варианте лакомство на ниточке свисало с жердочки, в более сложных подвешивали дополнительные нити, наклонные или перекрещенные, а самый трудный вариант представлял собой две приманки и две нити, одна из которых соединена с приманкой, а другая — нет. Вороны справлялись со всеми задачами, а клесты и синицы-лазоревки — птицы со «средним» уровнем организации мозга — не смогли в сложных случаях проследить связь между нитью и приманкой.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

У серокрылых чаек с острова Топорков межполушарный индекс Портмана как у курицы. Им приходится долго «втолковывать», что приманка, положенная в коробку, не пропала безвозвратно, ее можно из этой коробки достать. Некоторые усваивают эту истину только с тридцатого — сорокового раза.

Однако чайки способны к обобщениям, понимают категории «больше» и «меньше», их можно научить доставать рыбу из коробки большего или меньшего размера, и они делают правильный выбор даже в том случае, если экспериментатор заменяет привычные коробки ведрами. А вот перенести правило на новую категорию они не в состоянии: тест на выбор большей кучки кубиков оказался для чаек слишком сложным.

При всей своей «простоте» серокрылые чайки чрезвычайно успешные птицы и прекрасно приспосабливаются к любым обстоятельствам. Питаются они тем, что есть в наличии: мертвыми лососями на нерестилище, созревшими ягодами, падалью на лежбище морских котиков, отбросами рыболовецких судов и меховых ферм. Они атакуют мелких птиц, отбирают у них добычу и воруют яйца. Чайки вообще хорошо переносят соседство человека и могут выводить птенцов в городской среде. Они полюбили крыши: стоит одной паре там угнездиться, как у нее немедленно появляются соседи. На возвышении птицы защищены от наземных хищников. Заселенность крыш растет с каждым годом.

Возможно, секрет успеха серокрылых чаек в том, что они прекрасно обучаются, глядя на соседа. В густонаселенной колонии, где каждая пара занимает небольшой участок и все друг за другом следят, птицы, приобретшие ценные навыки, становятся источником информации для остального сообщества. Экспериментаторы с большим трудом обучили нескольких чаек доставать из коробки спрятанную рыбу, а их соседи, внимательно наблюдавшие за процессом, потом решали эту задачку с первой попытки, иногда с третьей. Очевидно, более высокий адаптационный потенциал некоторых птиц зависит не только от сложности мозга, но и от способности усваивать опыт своих сородичей. Социальные птицы обучаются путем наблюдения, одиночные — нет.

Экстренное решение внезапно возникающих задач — это требование жизни. Оно оказалось настолько мощным и всеобщим, что способности к мышлению сформировались не только у приматов, но и у других групп животных с разным строением мозга. О возможностях многих из них мы еще почти ничего не знаем

По материалам лекции профессора кафедры высшей нервной деятельности МГУ им. Ломоносова З.А.Зориной, прочитанной на школе «Современная биология и биотехнологии будущего» в Звенигороде 28 января 2014 года. Редакция благодарит за помощь З.А.Зорину и Т.А.Обозову.

КТО ведет нас, когда мы ведем себя?

В прошлом году победителем литературной премии «Просветитель», учрежденной Д.Б.Зиминим и фондом «Династия», в разделе «Точные и естественные науки» стал Дмитрий Жуков с книгой «Стой, кто ведет?» (М.: Альпина-нон-фикшн, 2013, в 2-х т.). Автор знаком читателям «Химии и жизни» — он писал для нас об оптимальных стратегиях поведения при стрессе, о том, что ум и характер крыс не соответствуют их незаслуженно низкой репутации (2001, № 11; 2002, № 2). Мы не могли пройти мимо такого события и помещаем рецензию на эту замечательную книгу.

В книге Дмитрия Жукова «Стой, кто ведет? Биология поведения человека и других зверей» собран огромный научный материал, хорошо переработанный и преподнесенный читателю в лаконичной и доступной форме. Прочитав ее, вы получите ответы на вопросы: почему в каждой конкретной жизненной ситуации проявляется та или иная форма поведения, кто «руководит» нашим поведением и почему поведение человека можно моделировать на животных?

Первую главу открывает краткий экскурс в историю формирования биологического подхода к исследованию поведения человека и животных. Затем автор подводит читателя к определению таких сложных сущностей, выделяющих человека из царства зверей, как понятийная речь, нравственность, чувство юмора. К слову сказать, чувство юмора, присущее самому автору книги, проявляется как в примерах и комментариях, так и в подборе иллюстраций, — книга читается легко и с большим интересом.

Три функции личности — когнитивная (познавательная), аффективная (эмоциональная) и моторная (двигательная), тесно связанные между собой, объясняют многие наши поступки, и представление о них позволяет судить о психических процессах, происходящих в организме человека и животных. Автор показывает, что все три функции находятся под постоянным контролем нейрогуморальной системы организма, причем для проявления всякого поведенческого акта важны как нервная, так и гуморальная составляющая.

Вторая глава книги посвящена подробному анализу гуморальной регуляции поведения. Эта глава особенно полезна для начинающих биологов: она в доступной и сжатой форме знакомит нас с такими понятиями, как гормон, рецептор, эндокринная система организма, принцип гормональной регуляции. Разобраться в огромном массиве научных фактов помогают таблицы и схемы. Благодаря уже только этой главе книгу можно рекомендовать широкому кругу читателей.

В третьей главе подробно рассказано о витальных и социальных потребностях как основе всякого поведения. Автор обращает внимание на необходимость постоянного раздражения сенсорных систем — работы зрения, слуха и т. д. — при формировании витальных потребностей организма. В связи с этим хочется подчеркнуть, что в ультрасовременных вивариях для содержания и разведения лабораторных животных — так

называемых SPF-вивариях (от англ. Specific Pathogen Free — виварий, не содержащий патогены для животных) — фактически добиваются дефицита сенсорного притока, и это может повлиять на результаты экспериментов. В SPF-виварии маловероятно распространение инфекции, однако полная изоляция от звуков и запахов невозможна в естественной среде обитания, а значит, и гормональные механизмы, формирующиеся у животных в таких «тепличных» условиях, не отражают истинной картины гормонозависимых поведенческих изменений.

Большая часть первого тома посвящена стрессу и гормональным механизмам возникновения болезней, стрессом обусловленных, — в этой области лежат и научные интересы самого автора. Нет необходимости объяснять, почему эта тема крайне важна. В книге подробно рассмотрены различные аспекты, связанные с понятием стресса, и подкреплены многочисленными примерами из жизни человека и животных. Д.А.Жуков подчеркивает современный аспект определения





Они больше похожи на нас, чем мы думаем

стресса, дополняющий классическое, предложенное Гансом Селье, а именно необходимость новизны изменений в окружающей среде для формирования стрессорной реакции. При многократно повторяющихся событиях даже негативного характера человек и животное способны адаптироваться к ним. Постоянный стресс становится привычным, организм перестает на него реагировать. И это важно помнить при моделировании стресса у животных: каждодневно повторяющиеся стимулы могут вызвать адаптивное поведение. Автор подробно рассказывает о роли основных гормональных составляющих стресса — кортиколиберина, АКТГ, адреналина, эффекты которых зависят не только от дозы рассматриваемых веществ, но и от силы действующего стресса.

Представляются логичными рассуждения автора о корректном использовании лабиринта Морриса для исследования механизмов памяти у водолюбивых видов животных. («Химия и жизнь» не раз писала о лабиринте Морриса — это бассейн с замутненной, непрозрачной водой, где животное должно найти платформу, на которой сможет отдохнуть. По тому, как скоро мышь или крыса обнаруживает платформу при повторениях опыта, можно судить о работе ее памяти. — *Примеч. ред.*) Например, у серых крыс пасюков комфортная мотивация может превалировать над негативной мотивацией страха. Им нравится плавать, и вполне возможно, что они подолгу не находят платформу, потому что не слишком к этому стремятся. Хорошо рассказано о моделях, поставленных в условиях неконтролируемого стресса у животных и вызывающих патологии, аналогичные болезням человека, прежде всего тревожность и депрессию.

Шестую главу особенно рекомендую тем, кто интересуется психологией: она знакомит нас с формированием того или иного психологического типа у людей и животных. Эта глава

У черных мышек линии C57BL/6J на фоне длительного социального стресса развивается депрессивноподобное поведение



логически вытекает из предыдущей, поскольку в ней показано, каким образом индивидуальные особенности поведения (психологические типы «А» и «Б», стремящиеся соответственно изменить окружающую среду либо приспособиться) проявляются в конкретной стрессорной ситуации. Подробно разбираются гормональные составляющие особенностей поведенческого репертуара у представителей обоих психологических типов.

Второй том посвящен не менее увлекательным темам — социальному поведению человека и животных, а также особенностям гендерного поведения. Читая главу о поведенческих отличиях между полами, можно с чем-то соглашаться или не соглашаться. Я, как женщина, например, не согласна с тем, что «только мужчина может признать, что был неправ». Но как экспериментатор (изучая поведение самок и самцов мышей), я скорее соглашусь, что женщины менее устойчивы к стрессу, особенно в неконтролируемой ситуации. Автор высказал свою точку зрения, весьма небезынтесную, объясняя, почему человек (и животное) ведет себя так, а не иначе в определенной обстановке и как гормоны и феромоны регулируют социальное и половое поведение. Можно много говорить и спорить по этому поводу, и каждый будет в чем-то прав либо не прав. Мне, опять-таки как экспериментатору, хотелось бы обратить внимание на важность девятой главы — «Ритмы жизнедеятельности», которой отведено очень скромное число страниц. Моделирование эксперимента с учетом циркадианных и цирканнуальных (суточных и годовых) ритмов активности у животных — обязательное условие чистоты опытов. Это необходимо учитывать, когда разрабатывается дизайн любого поведенческого эксперимента, например когда исследователи планируют сравнивать разные группы животных — контрольную группу и группу, подвергнутую какому-либо воздействию. При этом я считаю обязательным выполнение основного условия — обе группы должны тестироваться в одно и то же время суток, в один и тот же сезон года. Лишь таким образом можно выявить эффект именно воздействия, а не гормонов, изменяющихся в течение суток.

В заключение хотелось бы отметить широкую эрудицию автора, умение подтвердить свою мысль примерами не только из специализированной научной литературы, но также из книг российских и зарубежных литературных классиков. Очень удобно, что ссылки на источники указаны на каждой странице, а не в конце книги. Множество красочных иллюстраций и фотографий удачно дополняют текст и делают книгу привлекательной. «Стой, кто ведет?» — прекрасный подарок для каждого, кто интересуется поведением человека и животных.

Доктор биологических наук
Д. Ф. Августиневич,
старший научный сотрудник
Института цитологии и генетики СО РАН,
Новосибирск

Фото автора

Борьба с официозом

К. Г. Михайлов

Настоящий текст — попытка рецензии очень разносторонней книги историка науки и эволюциониста Ю. В. Чайковского «В круге знания». Она включает 120 статей для различных энциклопедий, часть из которых опубликована впервые. Тематика книги широка — это и некоторые аспекты отечественной истории (персона Александра Невского, Смута, покорение Сибири, династия Романовых и т. п.), и вопросы теории биологической эволюции, и даже немножко политико-социологии в историческом аспекте (очерки «Бюрократия», «Демократия»). Конечно, дать обзор всех 120 статей в рамках одной рецензии невозможно, но я постараюсь проанализировать самые главные.

Тексту энциклопедических статей предшествует «Предупреждение». Основной принцип работы автора, последовательного ученика А. А. Любищева, — отход от исторических и биологических шаблонов, честный и непредвзятый анализ исторических материалов и биологических теорий. В этом аспекте автор отталкивается от «нормальной науки», которая работает сама на себя и на общественный заказ и крайне враждебна к инакомыслию. Не могу согласиться с Ю. В. Чайковским в его строгой характеристике. Похоже, он смешивает собственно науку и официозную науку, угождающую не столько общественному мнению, сколько мнению властей, как центральных, так и региональных. Мне кажется, что официоз всегда был и одновременно всегда существовала более или менее нормальная, в зависимости от степени идеологического пресса, историческая наука; просто некоторые не очень удобные властям материалы ученые особо не афишировали... И энциклопедические издания, по крайней мере в советское время, тиражировали официозную точку зрения, которая часто менялась, особенно в 1920—1930-е годы. В свое время меня позабавило, что в первом издании «Малой советской энциклопедии» внутренний паспорт был назван инструментом буржуазного поражения, а через пару лет строгая паспортная система была введена и в СССР.

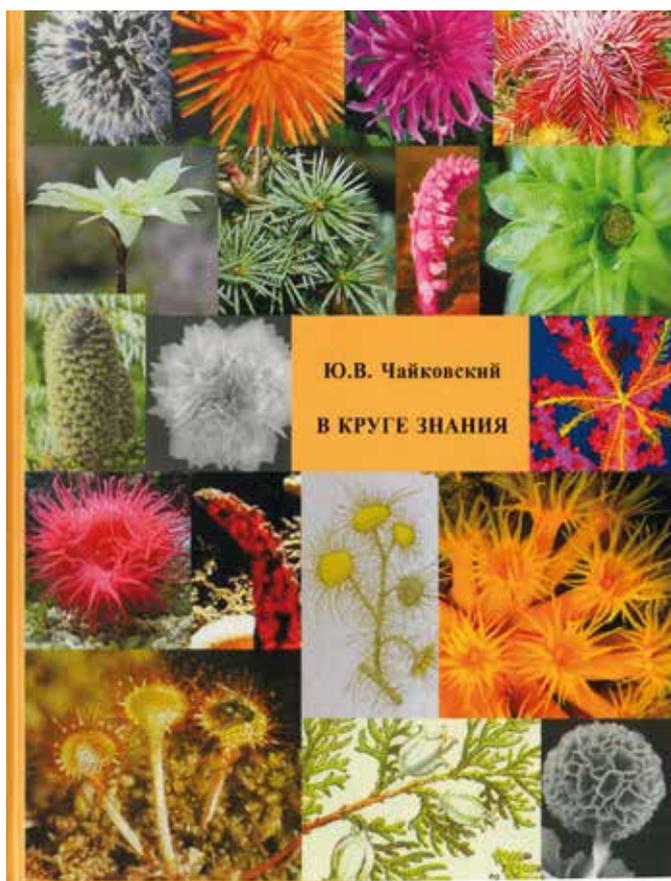
Метод автора заключается (1) в выявлении параллелей, позволяющих увидеть общность явлений, (2) в вычленении ядра

Ю. В. Чайковский.
В круге знания.
Москва:
Товарищество научных изданий КМК, 2013.
(Готовится второе издание.)

явления, в отличие от его периферии. Для достижения последнего предлагается: (2а) не путать свои пристрастия с фактическими доводами, (2б) выбирать согласующиеся сведения, (2в) держать в поле зрения спектр мнений и (2г) не подавать критику чужих мнений как доказательство справедливости своей теории. Следует четко осознавать обратную эвристику нормальной науки, при которой аксиомой служит то, что на самом деле нуждается в доказательстве.

Многие очерки следует рассматривать как расширенное дополнение к «официальным» текстам современных энциклопедических изданий. В этих дополнениях особый акцент сделан на некую нетрадиционность, даже скандальность, на факты и толкования, которые погребены в массе историко-архивных публикаций и вроде как игнорируются «нормальной наукой» ввиду несоответствия «общественному запросу».

Вот, например, персона Александра Невского, сильно отлакированная и царской, и советской историей. Его победы над западными завоевателями известны всем, а вот не очень красивую борьбу в междоусобицах с русскими князьями с помощью ордынских войск и с новгородцами по просьбе ордынцев чаще принято замалчивать. Более того, по мнению Ю. В. Чайковского, если бы князь Александр не боролся со своим братом Андреем за власть при помощи



татаро-монголов, а, наоборот, выступил бы совместно с ним и южным князем Даниилом Галицким против ордынского нашествия в 1250-е годы, быть может, и не потребовались бы ни Куликовская битва (1380), ни «стояние на Угре» (1480). Замечу, что в современных вузовских учебниках по истории России персона Александра Невского трактуется по-разному. В «кратких курсах» скорее придерживаются официоза и ограничиваются указанием на то, что князь понимал невозможность борьбы с ордынцами в то время. Напротив, нелицеприятную оценку этой персоны и указание на совпадение интересов Орды и православия можно найти в книге Л. С. Васильева «Всеобщая история. Том 2. Восток и Запад в Средние века» (Москва: КДУ, 2013. 2-е изд.).

В цикле очерков о Смуте («Лжедмитрий I», «Смута», «Филарет» и особенно «Филькина грамота») меня более всего поразила оригинальная трактовка автором последнего выражения. По мнению Ю. В. Чайковского, так называли послания патриарха Филарета (который тогда еще формально не был патриархом) из стана Лжедмитрия II в поддержку польских оккупантов в 1609—1610 годы. Эти документы были якобы уничтожены после возвращения Филарета из польского плена в 1618 году, и лишь два послания в Польшу сохранились в польских архивах. Но все-таки версия о целенаправленном уничтожении документов, разосланных

по многим русским городам, кажется мне не слишком убедительной. Даже самый беглый анализ современной научной периодики, например журнала «Российская история» за последние годы, убеждает в наличии чудовищного объема сохранившихся архивных документов первой четверти XVII века, начиная с летописей типа «Хронографа» и «Нового летописца» и разрядных книг и заканчивая грамотами городов и земских ополчений.

К этому циклу примыкает очерк династии Романовых, столь же нестандартный. По мнению автора, не слишком убедительно, династия пресеклась как минимум при Екатерине II, так как Павел I был ее внебрачным сыном. Эта точка зрения высказывалась и раньше, однако доказательства отсутствуют. По Чайковскому выходит, что мужская линия Романовых закончила правление в 1762 году — Петр III был внуком Петра I, а его жена, будущая Екатерина II, к Романовым прямого отношения не имела. Однако версия выглядит не очень убедительно — достаточно вспомнить сходство портретов и характеров Петра III и Павла I.

Злодеяниям Петра I, «гениального администратора и умелого мастерового», явно лишеного всякого понятия о морали и законности даже в европейском понимании того времени, посвящены очерки «Глебов», «Досифей», «Евдокия» и «Суздальский розыск». Следствие 1718 года пыталось раскрыть мнимый заговор вокруг первой жены государя, сосланной в монастырь еще в 1697 году. Ее любовник С.Б.Глебов выдержал страшные пытки, в заговоре не признался и в конце концов был посажен на кол. Епископ Досифей под пыткой признался в рассылке подметных писем и ложных пророчествах и был колесован. Связать этот «заговор» с делом царевича Алексея так и не удалось. Однако в наше время жестокость Петра I отрицают, похоже, совсем немногие. Пафос Ю.В.Чайковского направлен скорее против официозного романа А.Н.Толстого и соответствующих кинофильмов, чем против «необъективных» историков.

Ю.В.Чайковский пишет, что бедствия Романовых, в первую очередь проблемы с престолонаследием по мужской линии, как будто были связаны с проклятием, которое наложила на этот род Марина Мнишек после того, как ее четырехлетний сын был публично повешен в 1614 году. Мне кажется, что такой пассаж — даже со всеми оговорками — более подобаёт публицисту, чем ученому-историку.

Большой блок очерков связан с покорением Сибири. Автор подчеркивает неоправданно жестокие действия казаков-первопроходцев, начиная с XVII века и позднее, бравших непомерный яса с местного населения (до 12 соболей с охотника), заложников («аманатов») и

даже рабов. В советское время об этом действительно не писали, делая упор на «гуманность» освоения Сибири. Но вот большой сборник 2012 года «Там, внутри. Практика внутренней колонизации в культурной истории России» (М., «Новое литературное обозрение»). В опубликованной там статье Майкла Ходарковского «В чем Россия «опережала» Европу, или Россия как колониальная империя» прямо указано, что главными элементами политики Московского государства на южных и восточных рубежах были «шерт» (присяга на подданство) и те же ясы и аманаты. Объективно освещена ситуация с освоением Сибири и в первых главах большой книги Ю. Слёзкина «Арктические зеркала» (Москва: «Новое литературное обозрение», 2008).

В очерке о Семене Дежнёве Ю.В.Чайковский блестяще применил свои методы исторических изысканий и убедительно показал, что этот первопроходец никогда не огибал Чукотку на своем судне, выходя из Северного Ледовитого океана в Тихий. Но это обстоятельство ничуть не умаляет значения фигуры Дежнёва в истории освоения Сибири.

Несколько очерков посвящены революции 1917 года и Гражданской войне. Из них, пожалуй, наиболее интересен анализ истории предоставления независимости Финляндии. Оказалось, что большевики в Петрограде не удосужились оформить правильный документ, ограничившись «выпиской из протокола» заседания ВЦИКа при отсутствии самого протокола. Никакого установления ВЦИКа или декрета Совнаркома на эту тему вообще не существует. Но Финляндия получила фактическую независимость и была быстро признана многими странами, что помогло России начать сепаратные переговоры с Германией. К счастью для финнов, им удалось довольно быстро — хотя и жестокими методами — ликвидировать красногвардейскую агрессию на своей территории. Дальнейшая история известна. Финны были настолько благодарны Советской власти за свою независимость, что не поддержали белогвардейское движение в России, хотя легко могли захватить Петроград, например, в 1919 году. Белогвардейские же лидеры Колчак и Деникин, несмотря на просьбы Юденича, не сочли нужным признать независимость Финляндии, что отчасти и предрешило исход Гражданской войны.

Несколько особняком стоят очерки «Бюрократия» и «Демократия». Под бюрократией автор подразумевает не просто прослойку государственных служащих, а политический строй, основанный на бесконтрольном правлении чиновников. Все революционные движения в России были до сих пор безуспешны, так как приводили к новой победе бю-



КНИГИ

рократии. Октябрьская революция 1917 года в России также стала победой новой бюрократии и отстранением от власти класса собственников. Позднее, во времена правления Хрущева и Брежнева, наблюдалось некое равновесие сил между различными частями самой бюрократии, что обеспечило стабильность в 1970-е годы. Новая постсоветская бюрократия не уничтожает собственников, но по-прежнему не учитывает баланс общественных сил; плохо работают и «социальные лифты», хотя даже в советское время существовал институт «выдвиженчества». Демократия как народовластие подчинено бюрократии даже в странах «золотого миллиарда», не говоря уже о не столь богатых государствах с традициями более или менее деспотической власти. Для ближайшего будущего России, по мнению Ю.В.Чайковского, важно достичь равновесия интересов разных слоев бюрократии; других движущих сил, стремящихся к улучшению нашего общества, автор не видит.

Можно сказать, что очерки Ю.В.Чайковского по гуманитарным наукам относительно разрознены и не представляют цельной картины этих наук. Критиковать отдельные гуманитарные построения Ю.В. совсем нетрудно. В области биологии задача рецензента усложняется, поскольку биологические построения Ю.В.Чайковского давно и глубоко проработаны, по крайней мере со времени выхода в свет книги «Элементы эволюционной диатропики» в 1990 году, а критика их в печати в основном частная и ругательного свойства (наиболее подробен обзор С.М.Глаголева, см. <http://macroevolution.narod.ru/glagolev.htm>). Весь корпус биологических сочинений Ю.В. никто проанализировать не удосужился, и это весьма печально. Есть лишь рецензия Г.Ю.Любарского на книгу 1990 года, где ее содержание рассматривается с точки зрения типологии («Вестник АН СССР», 1991, вып.3, с.142—146). К сожалению, современный уровень теоретического осмысления в отечественной биологии оставляет желать лучшего; я бы сказал, что даже произошел откат от позиций, завоеванных в начале 1990-х годов...

Попробую предельно кратко изложить эволюционно-биологические взгляды Ю.В.Чайковского, опираясь не только на рецензируемую книгу, но и на предыдущие его сочинения, в частности, на «Зигзаги эволюции» (Москва, «Наука и жизнь», 2010). Замечу сразу, что автор, как и с гуманитарными науками, без-ошибочно наступает на «болезненные мозоли» современной биологии, а его познания в области истории биологии вызывают зависть и восхищение.

Автор старается очистить понятие биологической эволюции от концепции естественного отбора, которую он считает ошибочной. Вместо этого он вводит первично-интуитивное и поэтому неформализуемое понятие «активности» — «одно из основных свойств материи, ведущий фактор всех процессов, в т. ч. эволюции, и, в частности, ее творческое начало», ставя это понятие наравне с понятиями пространства и времени. Автор находит признание активности — преимущественно в неявной форме — в самых разных направлениях дарвинизма. Фактор эволюции автор определяет как элементарную причину или элементарное условие исторической трансформации организмов. К движущим факторам эволюции автор не относит естественный отбор; многие страницы его книг посвящены развенчанию этой, действительно не самой удачной с точки зрения логики и доказательств, концепции, прочно засевшей не только в школьных и вузовских учебниках, но и в головах множества биологов. Классическое дарвиновское «выживание наиболее приспособленных» выглядит по нынешним временам тавтологией. Ну да, выжили — значит, хорошо приспособлены, а не приспособились бы — так и не выжили бы. Но усложнение форм организации живого тем не менее — происходит.

Как известно, теорию Дарвина невозможно подвергнуть «фальсификации» в понимании К. Поппера, и в этом смысле методолог науки может отказать ей в научности. Понятие естественного отбора, дедуктивно введенное Дарвином, терпело в последующие 150 лет множество изменений. Влияние избирательной смертности (избыточного размножения) на ход эволюции не подтверждено, и не очень понятно, как в принципе может быть подтверждено примерами на больших отрезках времени. А на коротких временных промежутках мы наблюдаем колебания изменчивости (сдвиг частот встречаемости тех или иных генов), которые можно трактовать очень по-разному. Выходит, что термин «естественный отбор» плохой и неточный. Ю.В. Чайковский резко его отвергает, но биологи научились как-то с ним работать. А вот понятие «активности» в чистом виде едва

ли будет принято современным научным сообществом, поскольку предполагает целенаправленность со стороны организма и даже биоценоза (в «экосистемной концепции эволюции»), то есть, по сути, является вариантом столь редкого в наши дни пантеизма.

Скорее всего, эволюция идет не постепенно, как полагал Дарвин и позднее синтетическая теория эволюции Майра — Симпсона, а вспышками, как об этом говорит и наша эпигенетическая теория эволюции (А.С.Раутиан в первую очередь), и «их» теория прерывистого равновесия. Сюда же относится и эмерджентный эволюционизм, которому в рецензируемой книге посвящен отдельный очерк. (К сожалению, я не обнаружил в книгах Ю.В.Чайковского сравнения первых двух концепций и третьей.) Для такого рода вспышек, или макромутаций, необходимо резкое ухудшение условий жизни организмов, стресс, вызывающий повышение смертности, но одновременно — и образование новых структур, первоначально неустойчивых и не способствующих выживанию, но затем встраивающихся в общую систему гомеостаза организма. Эксперименты такого рода давно известны, но игнорируются научным сообществом или трактуются предвзято. Очерк о стрессе дан в приложении к рецензируемой книге.

Автор активно продвигает понятие диатропики (особая статья в рецензируемой книге и книга 1990 года) как учения о разнообразии и его закономерностях. Методы изучения биологического разнообразия пригодны, по мнению Ю.В.Чайковского, и для исторических исследований. Подобных мыслей придерживается и Г.Ю.Любарский, посвятивший сравнительному анализу истории свою книгу «Морфология истории» (Москва: КМК, 2000). По Ю.В.Чайковскому, система биологических объектов должна строиться скорее в виде сети, чем дерева; и его система царств в биологии (очерк «Царства») действительно включает пересекающиеся множества. Однако такие пересечения, к сожалению, противоречат коренным целям биологической систематики — в естественной системе множества-таксоны должны полностью различаться по подмножествам-таксонам низшего ранга (грубо говоря, два рода не должны включать общие виды) — и едва ли будут приняты научным сообществом.

Понятие рефрена введено в биологию С.В.Мейеном и развито Ю.В.Чайковским. Последний определяет его как ряд направленных рядов («Зигзаги эволюции») или как повторность признаков в рядах таксонов. В «старых» терминах я бы назвал рефрены рядами изменчивости, то есть рядами параллелизмов и конвергенций. Именно на основании

рефренов Ю.В. строит свою многомерную таксономическую сеть. Природа рефренов кроется, по мнению Ю.В., в общей фрактальной структуре мира. Однако большинство рефренов никогда не являются существенными, диагностическими признаками, решающими для выделения тех или иных таксонов; поэтому они не очень интересны практикующему систематику. Эту коллизию надо как-то разрешать.

Некоторые термины, введенные Ю.В.Чайковским, не слишком удачны. Так, для естественного отбора в смысле самоорганизации, не связанной с успехом размножения, или «блочной иерархического принципа» (в смысле С.Э.Шноля), автор предложил термин «делектус». Между тем делектусами вот уже более сотни лет называют списки семян, рассылаемые ботаническими садами для обмена. В книге «Зигзаги эволюции» Ю.В. вводит сокращение ЭКЭ для понятия «экосистемная концепция эволюции» (с. 33), хотя давно известно близкое сокращение ЭТЭ — «эпигенетическая теория эволюции». Идеи ЭТЭ Ю.В.Чайковский в своих книгах почему-то не обсуждает.

В очерке «Случайность» Ю.В.Чайковский тщательно анализирует понятие случайности, показывая, что математическая теория вероятностей ничего не говорит нам о природе случайности и во многих случаях применение теории вероятностей к биологическим объектам недопустимо. Интересно обсуждение квазигиперболических распределений в книге «Зигзаги эволюции». Эти распределения более знакомы мне под названием распределений Ципфа — Мандельброта.

В настоящее время большинство практикующих биологов в той или иной степени не принимают теоретических построений Ю.В.Чайковского в этой области. Но то обстоятельство, что эти теории даже не обсуждаются, вызывает у меня огорчение.

В заключение скажу: новая книга Ю.В.Чайковского, а равно и его предыдущие труды, очень полезны как катализатор самостоятельного активного мышления. Читая его книги, невозможно оставаться равнодушным. Хочется соглашаться или спорить. А чтобы спорить, надо уметь правильно мыслить, много знать и выдвигать четкие аргументы. Именно этому учат труды Ю.В.

Я глубоко благодарен моим коллегам Г.Ю.Любарскому и В.А.Спиридонову за советы и замечания, которые я получил при обсуждении некоторых аспектов настоящего текста.



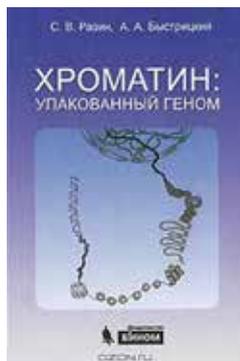


Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ



С.В.Разин, А.А.Быстрицкий
Хроматин:
упакованный геном (3-е изд.)
Бином. Лаборатория знаний,
2013
ИНФРА-М, 2014



В учебном издании рассмотрены структурные и функциональные особенности эукариотического генома. Главная из них — упаковка ДНК в хроматин. Подробно описан гистоновый код и его влияние на экспрессию генов. Авторы основываются на новейших данных и современной концепции об организации генома в хромосомные территории.

Фрэнк Райан
Виролуция
«ЛомоносовЪ»,
2014



«**В**ажнейшая книга об эволюции после "Эгоистичного гена" Ричарда Докинза» — гласит подзаголовок. Все живое на планете, в том числе люди, живут в симбиозе с вирусами, эволюционируют вместе с ними и выживают благодаря им. Вирусы, их производные и тесно связанные с ними структуры составляют минимум сорок три процента человеческого генома. Но как вирусы встроились в человеческий геном? И как работает естественный отбор на уровне «вирус-носитель»?

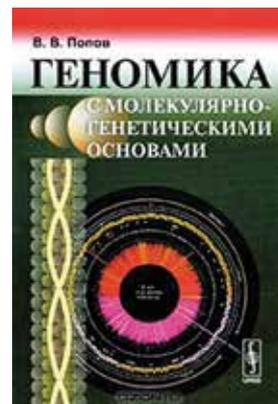
Виталий Пухальский
Введение в генетику:
учебное пособие
ИНФРА-М,
2014



Изложены цитологические основы наследственности, закономерности менделевской генетики, хромосомная теория наследственности, основы молекулярной генетики и геной инженерии, закономерности наследования при отдаленной гибридизации, полиплоидии и мутагенезе. Особое внимание уделено разделам, посвященным гетерозису и генетике популяций.

КНИГИ

Вадим Попов
Геномика
с молекулярно-генетическими
основами
КД Либроком,
2014



Книга посвящена актуальной проблеме современной генетики — изучению и расшифровке геномов (определению полной структуры ДНК) живых организмов, включая геном человека. Полная информация о фундаментальных открытиях в этой области доступна в основном узким специалистам по публикациям в научных журналах, преимущественно на английском языке. Автор рассказывает об основных направлениях геномных исследований в постгеномную эпоху, начавшуюся после 2001 года, когда были опубликованы данные о структуре генома человека.

**Ю.И.Гришин, Е.А.Мандрыка,
Н.Е.Мельникова**
Биологическая регенерация
вещств: основные процессы,
системы, оборудование
ИПО «У Никитских ворот»,
2014



Книга обобщает и систематизирует разрозненную информацию по процессам и нестандартному оборудованию систем биологической регенерации веществ, активно развивающихся с конца прошлого века. Многие страны разрабатывают на их основе системы жизнеобеспечения экипажей космических объектов. В книге также обсуждается возможность использования их в «земных» целях: для охраны окружающей среды, в медицине, в животноводстве, в защитных сооружениях для экстремальных ситуаций, для решения проблемы питания населения.

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

Сосиски и сардельки

Что за продукт сосиски? Ответ на этот вопрос не так прост, как кажется на первый взгляд. Классические рецепты сосисок и сарделек известны, но мало кто из производителей их соблюдает, поэтому нет уверенности в том, как правильно называть такую продукцию.

С традиционным названием тоже не все ясно. Словари определяют сосиски как маленькие колбаски, приготовленные из измельченного вареного мяса животных или птиц. Сарделька, согласно тем же словарям, короткая толстая сосиска. Несмотря на это родство, этимологический словарь русского языка производит слово «сосиска» от французского «saucisse», что значит колбаса, а «сардельку» — от польского «sardela», образованного от итальянского «sardella», которое восходит к латинскому «sardine». Кому-то она рыбку напомнила. Помимо разительного сходства с сардиной, сарделька отличается от сосиски габаритами, фарш в ней более грубого помола и жирнее. Сосиски выпускают как в натуральной, так и в искусственной оболочке, сардельки преимущественно в натуральной.

История сохранила для нас имена изобретателей венской сосиски и баварской сардельки — Иоганна Ланера и Зеппа Мозера. Один впервые смешал говяжий фарш со свиным, другой затолкал измельченную телятину в свиные кишки, а не в говяжьи, да еще лука с петрушкой туда добавил. Оба эпохальных события произошли в XIX веке. При этом знатоки относят возникновение колбасных изделий к античным временам. Трудно поверить, что за это время никто не смешивал фарш разных сортов и не экспериментировал с кишками и специями.

«Что это в ней?» Для начала позвольте цитату из Терри Пратчетта («Пятый элевант»): «Ваймс разрезал сосиску и недоверчиво уставился в тарелку. — Что это в ней? Такое розовое? — спросил он. — Э... Мясо, ваша светлость, — ответил с противоположного конца стола Иниго. — А где структура? Где всякие белые кусочки, желтые кусочки и зеленые кусочки, которые, как ты всегда надеешься, являются пряностями? — Понимаете ли, ваша светлость, местный гурман никогда не назвал бы анк-морпоркские сосиски сосисками, ммф-ммхм. Ну, или, выражаясь по-местному, колбасками... В Убервальде сосиски должны состоять исключительно из мяса, в противном случае мясник может быть повешен».

Не вздыхайте, любители сосисок. Они не могут состоять исключительно из мяса хотя бы потому, что фарш получится сухой. Поэтому в него всегда добавляют жир (масло, сало, сливки) и жидкость — воду или молоко. Специи тоже должны присутствовать, обычно это перец, кориандр, мускатный орех, чеснок. Все компоненты сосисочно-сардельчного фарша тщательно измельчают и перемешивают, чтобы получилась плотная однородная розовая масса. Однако фарш в процессе изготовления сосисок обваривают и обжаривают, и мясо при этом сереет. Чтобы сохранить розовый цвет, в сосиску добавляют фиксатор окраски нитрит натрия. Без этой соли готовят несколько сортов белых сосисок и сарделек, на самом деле бело-серых. Возможна также аскорбиновая кислота как антиоксидант и консервант. Вот, собственно, и все. Далее начинаются вариации. Сосиски с сыром, составляющим 5—7% от общего объема колбаски. Сосиски молочные, в которых может быть до 2% сухой молочной сыворотки. Диетические сосиски с добавлением мяса птицы (по мнению гурманов, в сосисках и сардельках допускаются исключительно свинина и говядина).

В Советском Союзе сосиски изготавливали по ГОСТу, согласно которому мяса в них должно быть не менее 50%, а в детских сосисках — не менее 60%. Сейчас ГОСТы не обязательны, им на смену пришли ТУ, и фантазию изготовителей уже ничто не ограничивает. В фарш вместо мяса добавляют перемолотые жилы и кожу, соевый и пшеничный белок, клетчатку и манную крупу, молочный белок казеин, а также крахмал, связывающий воду. В ход идут усилители вкуса, загустители, искусственные ароматизаторы, которых в настоящих сосисках быть не должно.

Однако производители объясняют использование некоторых компонентов заботой о качестве продукта. Вот, например, каррагинан — сульфатный полисахарид, который получают из красных морских водорослей. Это очень старая пищевая добавка, известная с IX века. Каррагинан образует гели, и мясники с его помощью увеличивают объем готового изделия. Их ругают за это, а они возражают, что каррагинан заменяет жир, поэтому делает колбасы и сосиски полезнее для здоровья. Даешь каррагинан вместо сала!

А вкусоароматические смеси, заменяющие натуральные специи и придающие продукту яркий мясной вкус и аромат, отнюдь не скрывают отсутствие настоящего мяса: они позволяют всегда получать стандартный вкус, чего невозможно достичь, используя натуральные специи, качество которых зависит от времени уборки урожая и погодных условий.





Съедобное и несъедобное. Сосиска упакована в оболочку, которая бывает натуральной или искусственной. Натуральную делают из промытых и особым образом обработанных тонких кишок (черевы). Для сосисок используют бараньи кишки, для сарделек говяжьи и свиные. Натуральные оболочки съедобны, выдерживают любую термическую обработку, в том числе приготовление на гриле, от которого искусственные оболочки просто полопаются.

Ближе всего к натуральным белковые оболочки из коллагена, получаемого из коровьих шкур. Иногда они съедобны, иногда нет. Самые дешевые — целлюлозные («целлофановые»), но будущее принадлежит полиамидным колбасным оболочкам. Они непроницаемы для газов и влаги, сосиски в них хранятся в несколько раз дольше.

На вкус, на цвет. Искать хорошую сосиску никому не возбраняется. Продукт из качественного мяса, прошедшего обработку, должен стоить дороже, чем исходное сырье, однако цена сейчас — не показатель качества. Состав указан на этикетке, но ее обычно наклеивают на вакуумные упаковки, а развесные сосиски не считаешь. Кое-что подскажет название: сосиски, названные с претензией, например «купеческие» или «боярские», изготовлены не по ГОСТу, а по ТУ. Детские сосиски должны содержать только натуральное сырье, никаких консервантов, минимум нитрита натрия. Зато они и хранятся меньше, чем взрослые.

Если название не отпугнуло, смотрим на внешний вид. У хорошей сосиски оболочка ровная, сухая, без морщин и жировых потеков, а сама сосиска или сарделька — нежно-розовая. Если она яркая, в фарше много красителей, а если слишком светлая, в нем много растительного белка или мяса птицы. При возможности пощупайте сосиску: она должна быть упругой.

Достижения современной пищевой химии позволяют получить гладенькую упругую колбаску любого состава, поэтому на кухне не ослабляйте бдительности. Прежде всего разрежьте добычу. Если сосиска рыхлая или ломкая, в ней мало мяса и много заменителей. Сосиски с высоким содержанием крахмала при варке набухают. Некоторые хозяйки даже делают продукту «крахмальную пробу»: капают на срез йодом и смотрят, не посинеет ли.

Не посинело, а все равно невкусно? И помимо крахмала добавок много. Избыток глутамата натрия придает продукту кислинку и даже щиплет язык, фосфаты создают мыльный привкус. В конце концов, осторожно экспериментируя, вы найдете свой сорт сосисок или сарделек.

Чем полезны сосиски? Вильям Похлебкин писал, что здоровой пищей нужно считать не специально подобранную по своим компонентам еду, а любое кулинарно грамотное приготовленное блюдо. Поэтому качественная сосиска или сарделька полезна. Готовить ее легко, сосиски и задумывались как блюдо быстрого приготовления, однако не стоит делать их едой на каждый день. Они все-таки жирные и калорийные. А о некачественных продуктах мы говорить не будем.

Сколько варить и с чем подавать? Между прочим, некоторые люди всерьез обсуждают, сколько варить сосиску. Она, как мы помним, уже вареная, ее можно есть сырой, достаточно бросить колбаску в горячую воду, и через три минуты она прогреется. Однако в легендарной советской «Книге о вкусной и здоровой пище» советуют варить сосиски 5–10 минут, а сардельки 10–15. Эта же книга рекомендует подавать сосиску или сардельку в «натуральном виде», то есть отварную без гарнира, или же отварную или обжаренную с картофельным пюре или зеленым горошком. Но диетологи советуют менее калорийные гарниры, например капусту или другие овощи. Традиционные соусы к сосискам — горчица или хрен, а запивают их, как и другие мясные блюда, красным вином.

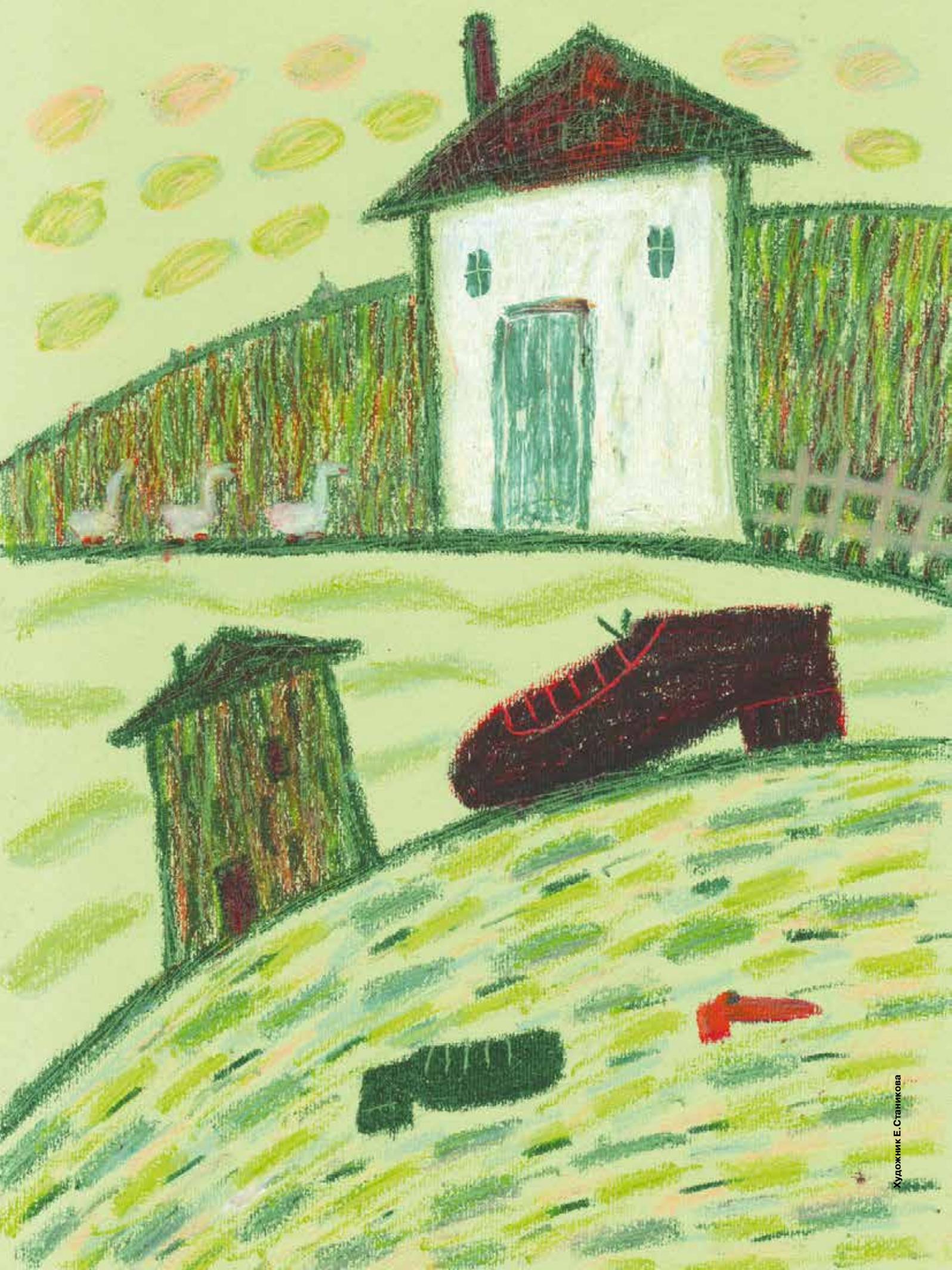
Что такое «оксфордские сосиски»? Оксфордские сосиски — блюдо английских фермеров, свиной фарш, перемешанный с мелко изрубленным внутренним говяжьим жиром, толчеными сухарями, черным перцем, солью и другими пряностями. Его обжаривают на масле, используют как начинку для блинчиков и пирожков, но им никогда не начинают колбасную оболочку.

Доги. Американский фастфуд, заполонивший Европу, сам становится традицией. Не путайте хот-дог, то есть сэндвич с сосиской (и кетчупом!), с сосиской в тесте. В последнем случае колбаску, как бинтом, обматывают полоской слоеного или сдобного теста и запекают в духовом шкафу. А есть еще корн-дог («кукурузная собака»), сосиска, облепленная кукурузным тестом и обжаренная в масле. Ее подают на деревянной палочке.

Там, где есть «горячая собака», должна быть и «холодная». И она есть — так в некоторых европейских странах называют кондитерское изделие из сдобного печенья, проложенного расплавленным шоколадом и орешками, выдержанное несколько часов в холодильнике, — слоеный вариант пирожного «картошка».

Н. Ручкина





Госпожа Тренога



Екатерина Медведева

ФАНТАСТИКА

С утра пораньше, как всегда, Блерте выгоняла стадо. Старуха гусыня ежилась и махала крыльями, накликающая дождь, гусята и молодые гусочки спешили за гусаком, а тот шел, важно помахивая кошельком, и косился на Блерте. Богатые это были гуси, мясистые, каждый носил в кошельке золотую монету. Так приговаривала бабушка, и в детстве Блерте один раз пробовала эту монету нащупать. Получила клювом по лбу. И как обидно было узнать, что никакого золота нет, и не кошелек это, а обычная складка кожи. А на лбу остался шрам-памятка: не лезь туда, куда не просят, не ищи то, чего нет.

Она шлепала босыми ногами по лужам и напевала. Вдруг кто-то повторил ее песенку на дудочке. Захотели гуси, и Блерте огляделась в поисках того, кто так насмешил ее стадо. Неужели Пастух? А говорили, замерз в лесу зимой и больше не появится.

Он был потрепанный, хромой, непонятного возраста. Щетина с проседью, а глаза — удивительно яркие и молодые, и ходил живо, чуть вприпрыжку, похлопывая кнутовищем по грязному, разбитому сапогу. Его сторонились, а он словно и не замечал. Один как перст — ни семьи, ни дома, но будто и не тяготился одиночеством. Разговаривал со своей рыжей собакой, курил вонючий лесной табак и всегда появлялся неожиданно, как черт из табакерки.

— Блерте, где ты там? — донеслось из дома, и Блерте ускорила шаг. Бабушка уже проснулась, а кофе не сварен, воды надо принести, печь растопить. А уж если бабушка увидит, с кем разговаривает внучка, палки не избежать. Бабушка терпеть не могла Пастуха. Иногда Блерте казалось, что бабушка недолюбливает мужчин. Хотя, надо отдать ей должное, она была одинаково сурова и к мужчинам, и к женщинам, ко всему роду человеческому, за исключением разве что младенцев и покойников, жалея первых за беспомощность, а вторых за перенесенную муку смерти. Живым же бабушка спуску не давала, и Блерте доставалось в особенности.

— Добро утречка. — Пастух приподнял потрепанную шляпу.

В этой шляпе он напоминал Блерте гриб-зонтик, и она всегда неволью улыбалась. И совсем не боялась его. Ну как можно бояться гриба? Бедняга, не многие жалуют его вниманием. Как и меня, подумала Блерте, как и меня. Она чувствовала, что нравится Пастуху, он смотрел на нее точно так же, как рассматривал цветущую вербу или маленьких, слепых щенят. Как будто Блерте тоже беспомощная и трогательная, малая былинка на большой земле.

— Добро, — ответила она и протянула ему лепешку, свой завтрак. По старой традиции Пастух попеременно брал угощение у городских хозяек. И пусть никакого

стада он не пас, но кому раз в месяц жаль дать хлеба, сала, пару луковиц бездомному человеку? Блерте иногда припасала ему кусок пирога с гусятиной или медовую ватрушку, но сейчас пост, и они с бабушкой сами питаются скудно. Да и не ожидала она.

Пастух чинно поклонился. И, как всегда, поделился новостями, по-своему отблагодарил. В балке черемша зазеленела, собирай скорее, пока не зацвела. А на старую просеку не ходи, там медведя видели, с зимы шатается, тощий, злой. Блерте слушала его и радовалась всему — разговору с живым человеком, солнцу, гусиному гоготу, теплу. Кончилась зимняя неволя. Скоро бабушка начнет посылать в лес — за березовым соком, сосновыми почками, бузинными венниками для гусей.

— Ты где же зимовал? — спросила она, сочувственно глядя на изможденное лицо Пастуха.

— Да где попало, — щербато улыбнулся он. — То у лешего в берлоге, то у черта на пороге...

«То у Госпожи Треноги», так кончалась поговорка, они оба знали и оба промолчали. Госпожу Треногу не было принято поминать вслух.

— Блерте, с кем ты разговариваешь? — крикнула бабушка, и Блерте, поспешно кивнув Пастуху, помчалась к дому. Припозднилась она сегодня, ох, будет работа тяжелой бабушкиной палке.

Темно, душно, закрыты ставни, мерцает лампадка в углу, озаряя строгие глаза и сжатые губы на иконе. Утро ли, вечер — дома всегда полумрак. Блерте знала наизусть расположение мебели и утвари, почему зря свечи не жгла и, выскакивая в гусятник да к колодцу, подслеповато щурилась на солнечный свет.

— Опять болтала праздно, — укорила бабушка и дернула Блерте за косу. — Делом занимайся, делом. Не пустословь!

Блерте вздохнула с облегчением. Дубовая бабушкина трость осталась в спальне, значит, бабушка настроена мирно, а после горячего ароматного кофе и вовсе по добреет, если Блерте не допустит оплошностей и будет прилежной.

— Садитесь, бабушка, — она пододвинула кресло поближе к огню, — сейчас я подам ваш завтрак.

Блерте жила одиночкой. В детстве у нее были знакомые девочки. После школы они забегали к Блерте на чай. Под строгим бабушкиным надзором рассаживались на продавленном старом диванчике и шушукались, посмеивались, взвизгивали:

— Ой, Блерте, паук ползет!

— Так отодвиньтесь, — спокойно говорила Блерте. Сама она хоть и боялась пауков, но не шарахалась от них. Подумаешь, цапнет за палец. Поболит и заживет. Не такие уж они и ядовитые.

Сыпалась известка с потолка, отсыревшие ковры пахли плесенью. Заваривая на кухне чай для подружек, Блерте носком туфли отбрасывала жаб, нагло поселившихся под кухонным столом. Подружки снова поднимали визг. Постепенно одна за другой они перестали приходить. А ей не разрешалось ходить на прогулки, как ходили, сбившись в стайки, все девочки ее возраста. Они мазали губы в розовый цвет, завивали ресницы позолоченными щипцами, подкладывали в корсаж платочки, чтобы казаться пышнее. А ей было запрещено все, что делали они, и все, чего они не делали. Все полностью. Она могла лишь наблюдать за ними в церкви или в лавке. Подружки росли и хорошели, бегали на танцы и высказывали замуж, а Блерте стирала, варила, пекла, выгребала золу, скоблила добела пол, ощипывала гусей и топила жир, набивала подушки и носила их на рынок. До подружек ли, тут бы выспаться!..

Вечерами Блерте валилась с ног, но оставался еще урок. Скрипело кресло, покачивалась на стене сгорбленная бабушкина тень, кружилось и подпрыгивало веретено. Блерте чувствовала бабушкин взгляд, и нитка тут же путалась и рвалась.

— Безрукая! — сокрушалась бабушка.

Блерте испуганно вздрагивала: трость оставляла жуткие синяки. Но била бабушка редко. Чаще вздыхала: «Пряха из тебя, как из гуся королева», брала веретено, показывала, как надо. Нитка, тонкая и прочная, бежала меж ее скрюченными пальцами, тяжелело веретено, обростало шерстяным брюшком.

Клубки копилась в глубокой корзине, и зимой бабушка с Блерте вязали на продажу паутинки-шали и толстые пушистые платки. Валил снег, окна запотевали, покрывались затейливыми бело-голубыми узорами, и такие же узоры вывязывала бабушка, ракушки, виноградные гроздья, столбики, цепочки, завитушки. Возились в кормушке свистели, стекленела река, и Блерте отвлекалась, поглядывая на метель, и сразу путался узор, убежали непослушные петли, и вместо ажурных листьев и цветков выходили кривые, нелепые птичьи лапы, рваные паучьи сети, спутанные силки. Снежинки стучали в окошко, звали на прогулку. Блерте хваталась за платок и полушубок.

— Куда? — тихо говорила бабушка из своего кресла, и внучка замирала.

— Погулять.

— Гуляют праздный да ленивый, — чеканила бабушка. Вставала и, всем весом опираясь на трость, хромала к окну. — Горох не дроблен, насыпки не дошиты, а будет мало — спроси, я тебе еще работу сыщу.

И вечным, нескончаемым делом была стряпня. Ведро ли, дождь, сжигают ли соломенное чучело или завивают березки, удел Блерте один — сковородки да котелки. Куда тебе гулять, дуреха, без тебя обойдутся. Так и состаришься здесь, на закопченной, темной кухне, так и умрешь с ножом в руке, с морковным соком под ногтями, с запахом лука и лаврового листа в волосах. Тоска, тоска. Ползли по стенам трещины, тёк рукомой-

ник, смотрела открытым ртом солонка-свинья. Паутина оплетала углы, сколько ни выметай, на другой день появлялась снова.

Вот и сейчас на толстой белой нитке деловито спускался паук. Это к письму, подумала Блерте, вздрогнув, непременно к письму. Она была суеверна и боялась всего — полной луны, могильной косточки, пауков с крестом на спине, черных кошек и камушков с дыркой, во всем ей чудилось присутствие неведомых злых сил. Еще и соль просыпала. Ой, что за вести будут?

— Как управисься, в лес иди, спасицвета набери, — проговорила бабушка, допив кофе. — Наши-то пучки совсем за зиму прохудились.

Спасицвет, дальние, тенистые лощины, полдня свободы. Блерте, сдерживая улыбку, стала думать о том, как развесит пахучие букетики по всем углам, под припелюхой, на чердаке. Бабушка говорит, что от моли-шерстоедки, но все же знают: эти чахлые болотные цветочки отпугивают нечисть. Особенно ту, о которой страшно говорить вслух.

Когда случалось что-то дурное в городе, бабушка читала молитву, захлопывала ставни и жгла сухие веточки спасицвета. Горьковатый травяной дым окутывал комнаты, успокаивал, утешал. Никто не вползет украдкой, никто не стащит за ногу с кровати, не вгрызется в шею, спи, Блерте, спи. Моль, впрочем, тоже не любила этот запах, и виноградные, ракушечные, снежные шали в сохранности дожидались новых владелиц, и скудели гусиные кошельки, и бабушка посылала Блерте на почту с пухлым конвертом, с очередным взносом в школу, где учился младший братец Грен.

Конечно, бабушка не собиралась взваливать на себя такую ношу. Двое непослушных внуков, да еще неродных ей. Но сын женился на вдове с приплодом, а потом и умер с ней в одночасье, а дети не умерли, дети остались зачем-то жить, и ей ли, старухе, противиться воле Господней.

А ведь она так слаба здоровьем. Больные суставы, тяжело ходить, а за детьми не ходить — бегать приходится. И глаза слабые, еле-еле святую книгу читают, а за детьми не в два, в четыре глаза смотри — и то не усмотришь. Бедная старенькая бабушка, она изо всех сил пыталась сделать из Блерте и ее брата достойных, благочестивых людей. Но если внучка росла послушной, то внук оказался старухе не по силам. И уже шесть или семь лет он жил в закрытой школе, далеко, так далеко, что даже на каникулы не мог приезжать. Блерте с ума сошла б, доведись покинуть дом и бабушку. А братец на жизнь не жаловался.

Блерте аккуратно, каждую неделю писала ему свои немудреные новости. «Гусак облетел вокруг дома, говорят, это предвещает чью-то скорую смерть. Я пекла пироги с брусникой, твои любимые. На кухне протекает крыша, и бабушка наняла мастеровых. Был бы ты дома, починил бы сам». Изредка приходил ответ. Куцые, небрежные, заляпанные чернилами, послания Грена начинались неизменно: «Дорогая сестренка, пришли немного денег». Иногда он вкладывал в письмо сизое голубиное перо или душистую золотую бумажку от карамельки, а иногда вываливался из конверта огромный сушеный таракан, и Блерте взвизгивала от

неожиданности. И никогда бы не поверила, если бы ей сказали, что таракан вложен намеренно. У братца были своеобразные понятия о шутках.

Бабушка раз в триместр получала табель с отметками, и хмурилась, и усердно молилась, призывая Господа подарить разум ее непутевому внуку. Сотни гусей пожертвовали кошельками в пользу Грена, пальцы Блерте были исколоты гусиными перьями, а все напрасно. Учится Грен из рук вон плохо, наставники выражали недовольство, и бабушка говорила в сердцах, что тюрьма по нему плачет. Блерте горевала, представляя братца в тюрьме. Уж лучше б домой вернулся.

И мечта ее сбылась. Вернувшись из лесу, румяная, счастливая, с охачкой спасицвета и корзинкой черемши, Блерте увидела на столе казенное письмо. Ваш Грен — грубиян и невежда, говорилось в письме, поведение его так отвратительно и знания так ничтожны, что ни за какое золото мира школа больше не желает держать у себя строптивного мальчишку.

Встречайте, он отправляется домой.

Ах, как негодовала бабушка. А Блерте тихо радовалась. Грен возвращается, милый брат, живая родная душа.

Столько лет прожили врозь. Каким он вырос? Что любит теперь, о чем мечтает, понравится ли ему дома? Ведь он жил в столице, видел красивую, яркую жизнь, а здесь — ветшающий городок, по улицам бродят гуси, лес в окна заглядывает, и одна приятность — храм по воскресеньям. Не затоскует ли?

В день его приезда Блерте умаялась, начиная гусиную тушку грибами да орехами, замешивая тесто для пирогов, начищая вилки да ложки песочком. Трижды роняла нож — спешит, спешит домой братец. И Блерте спешит, готовится.

Она знала, что почтовый дилижанс из столицы пронесется мимо их городка пополудни. И все же не рассчитала, и, когда калитка скрипнула, Блерте домывала пол. Босая, вспотевшая, с подоткнутой юбкой, она вылетела на крыльцо — и замерла. Обнять? Руку подать? Поцеловать в щеку? Блерте не помнила, когда последний раз прикасалась к человеку, ее пугала сама мысль об этом.

Братец пинал ногой дорожный мешок и разглядывал Блерте, облупленное крыльцо, гусиный помет на ступенях, корыта с водой и мешанкой. Блерте смутилась и развела руками, будто извиняясь за такие декорации и себя в главной роли.

Из тщедушного парнишки Грен вымахал в высоченного красавца, широкоплечего, статного, с темными кудрями и бледной кожей. Оно и понятно — где ему было загорать, над книжками просиживая, с жалостью и любовью подумала Блерте. И еще подумала грустно: «Он совсем не похож на меня». Хотя чего грустить, тут радоваться надо.

— Ты и есть Блерте? — спросил он.

— А ты и есть Грен? — тоже вопросом ответила она.

Он помолчал. Недобро усмехнулся:

— Не узнаешь любимого брата? Тебя тоже не узнать, сестричка.

И снова окинул ее неуютным масляным взглядом с ног до головы.

— Ты почему в черном? — спросил. — Монашка, что ли? Хотя нет, монашки так юбку не задирают.

«Совсем не похож на меня», — снова подумала она. И сказала тихо:

— Пойдем, я провожу тебя к бабушке.

С приездом братца ничего не переменялось в доме. Все так же вскипал для бабушки кофе, копился в корзине гусиный пух, суежилась Блерте, выполняя тысячу разных дел. А Грен не делал ничего. Поздно ложился, поздно вставал, ел за троих, слонялся по комнатам, листал книги, трогал маятник старых часов. «Детство вспоминает», — думала Блерте. А когда он рассматривал пауков на стенах, буфет с щербатými чашками, старые тусклые обои, ей становилось стыдно. Не столица, уж да!

Их дом был невелик: гостиная, кухня и две спальни.

— Где же ему постелить? — растерялась Блерте, и бабушка пожала плечами:

— Чего мудрить? Дети вы делили одну комнату. Его кровать до сих пор стоит напротив твоей. Только ширму возьми с чердака.

Теперь, переодеваясь за ширмой, Блерте как будто чувствовала взгляд брата. А он посмеивался, замечая ее смущение, и опускал глаза в книжку.

— Подружки у тебя есть? — спросил как-то. — Позвала бы в гости парочку посмазливее.

— Скалка да прялка мои подружки, — усмехнулась Блерте, вспомнив любимую бабушкину поговорку.

А вот старинные дружки Грена заявили вскоре по его приезде.

— Изменился ты, приятель, здорово изменился, — говорили они наперебой.

— Да и вас не узнать, ребята, — ухмылялся Грен. А Блерте с ужасом глядела, как они топчут пол грязными сапогами, сыпят пепел, поплеывают, наполняют кухню крепким духом пота, выпивки и табака. «Почует бабушка, не выветрю», — безнадежно думала она. Кто-то, подмигнув, достал шкалик, и братец спросил у Блерте стаканы.

— Черт с ними, сойдут и чашки, и отыщи закуску, вроде оставался пирог с потрошками, вы любите потрошки, друзья?

Друзья спрашивали тоже:

— А помнишь, как мы строили плот и чуть не утопили в карьерах?

— А как тебя дикие пчелы искушали?

— А как траву палили и дурачина Пелле себе ноги обжег?

Блерте видела: Грен ничего этого не помнит, путает имена приятелей. Плохо скрываемое пренебрежение и скука сквозили в его глазах. Но он знал скабрзные песенки, и анекдоты, и хитрые карточные игры, и сворачивал сигарки особым способом, и так метко бросал нож. И ему охотно простили его забывчивость. Они дымили, пели пошлости под гитару, играли на деньги. Блерте прислуживала им, убирала объедки, открыла настежь окно, а Грен посмеивался и тасовал карты, и сыпал грязными историями. «О да, мальчишки любят все это», — думала Блерте, сидя в уголке под суровым закопченным ликом какого-то святого.

Ей почудился чей-то взгляд. Она подняла глаза. Пастух! И он здесь! Он уж точно не мог быть детским приятелем Грена. Впервые она видела его под крышей человеческого дома. Хоть бы не узнала бабушка!

Пастух не участвовал в глупых полудетских разговорах, только попыхивал трубкой да осматривался. Наверное, ему захотелось побыть на людях. Или на столичного гостя посмотреть, послушать новости. А может, Грен зазвал его нарочно, чтоб удивить дружков.

Конечно, бабушка учуяла непрошенных гостей. Ох и ругалась она, а подвыпивший Грен ухмылялся и дерзил. И что было делать старухе, не ставить же этого верзилу коленками на горox.

Не складывалось у него с бабушкой. Будто нарочно ее донимал.

То в спальню ее проник, где сундучок с гусиными деньгами. Наверняка хотел добыть себе на табак и выпивку. А бабушке сказал, что проверял, на месте ли ее башмаки. Мол, Госпожа Тренога не нашла сапожника и теперь ворует обувь у почтенных горожан...

То в подпол повадился. Бабушка сердилась, что он подьест запасы — варенья да соленья, смалец, гусиный паштет в горшочках, — замахивалась палкой, а он хохотал и удирал, возвращаясь за полночь, когда окна в доме были уже темные и бабушка, выместив злость на бедняге Блерте, сладко спала.

Грен творил, что вздумается, и Блерте искренне восхищалась им. А он с изумлением глядел, как покорно подставляет Блерте руки под палку, беспрекословно остается без ужина или несет крапиву для порки. Блерте тоже удивлялась: неужели же не все бабушки с внуками так живут?

Когда компания снова собралась у Грена, они здорово перепились.

— Тише, бабушка может прийти, — умоляла Блерте, а они уверяли, что не придет, нынче все собралось у почтмейстерши, малец ее пропал. Не иначе Госпожа Тренога уволочка.

— Почем знаешь, что Тренога? — спросил Грен.

— А под окном чешуйку зеленую нашли и след от хвоста.

— Вранье, следы она хвостом и замечает.

— Зачем они вообще живут на свете? Какой смысл в этих чудящах? — сказал кто-то брезгливо.

— А какой смысл в людях? — хмыкнул Грен. — Для чего живет на свете наш сосед, мещанин Пфук? Для чего он родил десятерых детей, толстых и глупых? А они вырастут и родят еще по десятку. К чему это? Просто жажда размножения. Так и у животных. Так и у Треног.

— А почему она всегда является в виде женщины?

— Ясное дело, потому что под длинными юбками удобно прятать третью ногу и хвост.

— А может, наша тихоня Блерте тоже треногая, вон какое платье, до пят!

И они, разгоряченные вином и запретной беседой, стали вязаться к Блерте:

— Мы только ножки твои пересчитаем!

— Ну хоть туфель покажи!

— Ребята, она боится, что мы увидим ее хвост!

Один, самый хмельной, улегся на пол и попытался приподнять ее юбку. Блерте растерялась, а Грен куда-то подевался, за пивом убежал, что ли, и вступить было некому. И тут встал Пастух.

Он ничего не говорил. Молча наступил ногой на руку, что тянулась к Блерте. «А его боятся», — поняла Блерте,

наблюдая, как быстро трезвеют, разбирают шапки и уходят прочь Греновы дружки.

С тех пор если и встречался братец с ними, то не дома. И, дивное дело, допытывался у Блерте, кто такой этот Пастух.

— Ты разве не помнишь его? Он добрый человек.

— Держись подальше от этого доброго человека, — велел Грен сердито.

Блерте не могла взять в толк, почему он так недоволен. Как будто ревнует. Она усмехнулась этой мысли и пошла загонять гусей.

Наступило лето, щедрая пора. Земляника, грибы, липовый цвет и чабрец для чая, зверобой и ольховые шишки для бабушкиных суставов, веники на зиму гусям. Грену наскучили его дружки, и он увязывался с Блерте в лес. Помогал даже. Срезал ножом березовую чагу, выкапывал корни цикория, таскал тяжелые корзины с грибами. Она радовалась: «Теперь в два раза больше соберем», а он смеялся, дразнил ее хлопотуньей и гусиной принцессой, дивился ведьминым кругам шампиньонов, чуть не наелся волчьих ягод, а однажды заплутал, изрядно перепугав сестру.

— Будто нездешний, — удивлялась Блерте. — В детстве ж по солнцу всегда дорогу находил.

Он картинно разводил руками, а она продолжала:

— Полянку с рыжиками не помнишь, гадючий камень не знаешь, могилу висельника прошел и не заметил. А где мы всегда полудничали, молоко пили? А как потерял корзинку и бабушка поколотила тебя?

Он пожал плечами.

— И это забыл? — упавшим голосом спросила она.

Блерте вспоминала детство с теплотой и любовью. А Грену было интереснее настоящее. Или даже будущее.

— Осенью вернусь в столицу, — однажды сказал он. — Поедешь со мной?

— Что ты, я не могу бросить бабушку, — испугалась Блерте. — И тебе зачем уходить? Неужели тут не можешь найти себе дело? Да хоть бы помогал мне, взяли б гусей побольше, они приносят хороший доход.

— Гуси, доход, — передразнил он. — Грен-гусятник, так меня будут звать, да? Глупая ты, Блерте. Дальше носа своего не видишь. Неужели ты не хотела бы увидеть другую жизнь? Попробовать что-то новое? Неужели ты рождена для того, чтоб всю жизнь бошки гусям вертеть?

Блерте молчала. Она никогда не задумывалась об этом. Где родился, там и пригодился, она была из таких людей, да, а Грен был, видно, перелетной птицей. И сердце ее сжималось от мысли о предстоящей разлуке...

Как-то они собирали голубику на болоте и нашли островок, поросший рогозом да ольхой, посреди топкого места. Разрушенный мостик догнивал в воде, а за деревьями виднелся домик.

— Старая лесничовка, — проговорила Блерте. — Говорят, там живет Госпожа Тренога...

— Глубоко тут? — Грен ткнул палкой в воду.

— Порядочно, да пивок полно, высосут всю кровь прежде, чем переберешься. — Она поехала.

Братец смотрел задумчиво на густые заросли ольшаника, увитые хмелем. И Блерте смотрела. Девчонка-молочница хвасталась, будто ходила к Госпоже Треноге

за колдовскими зельями. Четыре пары шерстяных чулок надела, от пиявок. Она показывала Блерте бутылочку, и будто бы косточка там в мутной воде плавала и блестело что-то, но Блерте видела, что девчонка врет. Да и пахло из бутылочки не тайным снадобьем, а пустырником и полынью. Стоило ли к Треноге ходить за тем, что у всякого плетня растет.

— Говорят, она желанья исполняет. Что бы ты попросила?

— Смерти разве что, — прошептала Блерте. — Если бы стала жизнь совсем не мила...

— А я попросил бы, — серьезно сказал Грен, — тенька Тренога, покажи мне свой хвостик, с кисточкой он у тебя или без?

— Не шути с этим! — испугалась Блерте.

— А я и не шучу, — хмыкнул он.

На ужин были бобы и вареная телятина. Бабушка прочла молитву. Тикали часы, трещал огонь в печи. Грен терпеть не мог тишины, Блерте уже поняла это. Вот и сейчас, не успев прожевать, он сообщил:

— А госпожу Треногу намедни видели в городе.

Блерте вздрогнула и просыпала бобы с ложки.

Бабушка сердито поглядела на них обоих:

— Прекрати поминать эту погань в доме. В детстве язык с мылом полоскали, да все напрасно, так болтуном и остался. Чайник вскипел, Блерте. Или ты ослепла?

Блерте поспешно вскочила. А Грен продолжал:

— Помню, в детстве мы гуляли на городской свалке, сокровища искали. Пелле разок повезло, золотое кольцо нашел внутри старой перчатки. А я отыскал башмак. С левой ноги и совершенно новый. Через пару недель и Пелле попался башмак. Тоже левый, с иголки, кожа скрипела. Когда мы обнаружили еще парочку, свалка перестала казаться таким уж приятным местом.

— Да может, правые потерялись просто, — предположила Блерте. — Или от покойника одного выбросили...

Грен с усмешкой покачал головой.

— Все это означает лишь одно: у нашей госпожи Треноги третья нога — правая, а значит, вылупилась она в высокосный год. А на днях я снова был на свалке, — прошептал Грен, и Блерте поневоле прислушалась. — И я снова нашел левый башмак...

— Ваш кофе, бабушка, — сказала Блерте нервно.

— А ты знаешь, что Госпожа Тренога бродит в сумерках по городу и заглядывает в окна, и на плите убегает молоко, и трескаются тарелки, а дети плачут и заикаются, если увидят в окне ее желтые глаза с вертикальными зрачками?

— Как не стыдно пугать сестру! — усовестила его бабушка.

И тут за окном тихонько прошелестело, словно кто-то хотел отойти и замешкался, зацепился юбкой. Блерте вскрикнула.

— Слышите? Это крадется Госпожа Тренога, — проговорил Грен зловещим голосом.

— Это ветер, — сказала бабушка. — Иди спать, злой мальчик. А ты, Блерте, взбей мою перину и принеси грелку. И перестань дрожать, дуреха, он же тебя дразнит.

Перебив посуду, загасив огонь и крепко-накрепко заперев двери, Блерте пришла в спальню. Братец встретил ее взбодороженный.

— Ты слышала? Что-то скрипит в подполе!

— Мыши? — проговорила она, раздеваясь.

— Ой ли! Помнишь, я как-то забрался туда, бабушка решила, что за вареньем. А больно нужны мне эти плесневелые банки. Я искал другое... — Он оглянулся на окно и зашептал: — Говорят, раз в сто лет Госпожа Тренога забирается в чужой подпол и откладывает там яйцо. Вот я и решил проверить. Не хватало еще, чтоб эта гадина вывелась у нас!

Блерте струхнула не на шутку. Такое она слышала впервые. И хоть бабушка зовет Грена вруном — все равно жутко. Трясаясь от холода в тонкой сорочке, она вышла из-за ширмы.

— Кто тебе это сказал?

— Твой добрый человек, Пастух, я встретил его намедни. Гляди, у меня кочерга под кроватью, — похвастался Грен. — Меня так запросто не сожрешь.

Тут громыхнуло и покатило за дверь. Будто кто шел и зацепил поганое ведро в сенцах. Блерте взвизгнула, кинулась к брату, прижалась к нему. От ее резкого движения погасла свеча, и Блерте в ужасе закрыла глаза. Маленькая, маленькая девчонка она была, несмотря на длинные косы и грубые руки, что с утра до вечера варят, скоблят, месят, таскают тяжелое, отмывают нечистое. Но когда приходит ночь, эти руки оцепенело прижимаются к груди, и Блерте снова десять лет, и тьма подступает все ближе. Дыхание Грена слышно ей, биение его сердца. И чьи-то крадущиеся шаги. Будто стучит по полу детский, тощенький хвостик. Будто ступают нетвердо три ножки: топ-топ-топ, тишина и снова топ-топ-топ. Вылупилась маленькая треножка и принюхивается, ищет горячей человеческой крови, чтобы насосаться и подрасти.

Блерте сотрясала дрожь, и Грен крепче сжал ее в объятьях, то ли успокаивая, то ли собираясь еще больше напугать.

— Слышишь? — прошептал он. — Тварь идет сюда. Сейчас огрею ее кочергой.

— Нет, нет, — горячо прошептала Блерте, — не отпускай меня, не оставляй меня одну в темноте!

Тут дверь их комнатки распахнулась, и Блерте не удержала крик.

Но конечно, это была не Госпожа Тренога.

На пороге стояла бабушка, в ночной кофте и чепце.

— Что вы делаете? — спросила она с отвращением.

Грен разжал руки, и Блерте выскользнула, спряталась под своим одеялом, сгорая от стыда. Как будто от бабушкиной свечи легла на них грязная тень.

Наутро братец переселился на чердак. Так велела бабушка. А Блерте с тех пор не могла уснуть. Ей мерещились тихие трехчастные шажки. Две бессонные ночи она провела, сжимая кочергу и не сводя взгляда с двери, а днем засыпала на ходу. Все валилось из рук, билась посуда, пригорала стряпня, гусята разбежались. Бабушка негодовала, дубовой трости находилась работа, и Грен поначалу посмеивался, но потом что-то другое скользнуло в его глазах. На третью ночь дверь скрипнула, и братец проговорил негромко:

— Отзынь, у меня всего две ноги и ни одного хвоста.

Блерте выронила кочергу и разрыдалась.

Он держал ее за руку, пока она не уснула. Стал приходить каждый вечер. И бабушка ни разу не застигла их. Хотя порой Блерте мерещились шаги, но дверь никогда

не открывалась, и постепенно кошмары растаяли, словно утянуло их в окошко свежим летним ветерком.

Эти ночи, рука в руке, дали Блерте ощущение безопасности и тепла. Грен был с ней ласков, не насмешничал, даже начал помогать — то воды принесет, то печь растопит. Вымел всех пауков из кухни, искусанный ходил, но довольный. Она за это испекла пирог с брусникой и очень удивилась, когда Грен попробовал и скривился: «Что, это был мой любимый? — И пожал плечами: — Ну прости, вкусы меняются».

Блерте все больше привязывалась к нему, а он перестал курить в доме и старался не сквернословить. Они часто бывали вместе. К картам Блерте не прикасалась (грех!), и Грен научил ее играть в гляделки. И она всегда побеждала, потому что могла бесконечно глядеть в его глаза. Порой Грен терялся от ее взгляда, порой сердился. А иногда делал неожиданное резкое движение, Блерте пугалась и моргала, это было нечестно, но она не обижалась, нет.

Как-то они отыскивали старинную книгу по хиромантии и принялись гадать. Они сидели так близко. Пальцы Грена пахли табаком. Грен трогал ее ладонь, и Блерте замирала от этих прикосновений, не понимая, что с ней происходит. А потом, кажется, поняла. А он, ничего не замечая, водил пальцем по ее руке:

— Это линия сердца, ты будешь счастлива в любви.

— Я никогда не буду счастлива, — говорила Блерте обреченно.

Чердак хранил осколки прошлой жизни: детский клетчатый фартучек («Интересно, мой или твой?»), сломанного черта-из-коробки («Помнишь, как ты боялся его?»), истлевшие выкройки, побитые молью шляпы, кофемолку без ручки. Однажды Грен отыскал чьи-то свадебные одежды. «Хоть раз увижу тебя в белом, ну давай же». пышное платье с золочеными вышивками село как влитое поверх домашней старенькой робы. Грен расплел косу Блерте, рассыпал волосы по плечам, заметил шрам на лбу:

— Откуда это?

— Не помнишь? Ты еще дразнился: «Блерте-воровка, гуся обокрала». А у тебя тоже есть шрам, я помню, ты с шелковицы упал, напоролся на ветку.

И она потянулась к его воротнику, но Грен перехватил ее руку и ничего не сказал. Надел на нее фату. Подвел к пыльному зеркалу.

Внизу, в комнатах, не было зеркал. Бабушка говорила, они порождают гордыню и самолюбование. Ведра с водой, начищенная медь, оконные стекла тоже отражали, и Блерте видела толстую косу, широко расставленные глаза, белесые ресницы и сурово сжатые, непривычные к улыбке губы. А сейчас в зеркале словно и не она улыбалась счастливо и сияла, как настоящая новобрачная. Братец встал рядом, статный, взрослый, в черной брючной паре, и на секунду она представила, будто это ее жених, а он перебирал ее волосы и хмурился.

— Как ты умудряешься прятать свою красоту? — спросил он. — И зачем?

Блерте несмело улыбнулась. А ее отражение словно плакало, ползла трещинка по щеке. Зеркало-то разбитое, обомлела Блерте. Скорей отвернулась, сорвала флердоранж, нахлобучила чепец. Но та, в золотых вы-

шивках, с распущенными тяжелыми волосами, с тревожным взглядом, стала сниться ей, предвещая беду. И беда пришла.

В тот день все не ладилось. Мыши изгрызли туфли Блерте, и остановились вдруг часы, и старуха гусыня учудила, снесла зараз два яйца. Что-то случится, думала Блерте, и сердце ее колотилось от дурного предчувствия.

За ужином Грен обыкновенно болтал о Треноге:

— Ни один сапожник не может сшить ей обувь. И бродит тварь по городу, хватает ребятишек, из их кожи шьет себе башмаки. А кожа тонкая, нежная, башмаки быстро стаптываются, снова и снова приходится выходить ей на охоту...

Блерте слушала, обмирая. Опять он за свое. А ведь обещал не пугать, был уже таким ласковым. Снился ей даже... А теперь, видно, снова Тренога приснится...

— Не того ты боишься, Блерте, — сказала вдруг бабушка, и Блерте вздрогнула. — Не хотела язык марать об эту грязную историю, да, видно, придется, — продолжала бабушка брезгливо. — Давным-давно жили в нашем городе брат и сестра. Они поступились святыми законами и согрешили, смешали кровь. От их богомерзкой связи родился треногий ребенок с хвостом, и они отнесли его на болото и утопили. Но тварь выжила. Безлунными ночами она ходит в город и крадет младенцев. Она ненавидит их за то, что у них две ноги.

Блерте переглянулась с Греном. Он выглядел обиженным, словно бабушка перехватила у него любимую забаву.

— А еще, — бабушкины очки зловеще сверкнули, — Тренога заглядывает в окна, насылает порочные мысли, сны да наваждения. Все ждет, что кто-нибудь оступится и родит ей треногое дитяtko...

Грен недоуменно поднял брови, а Блерте не знала, куда деваться от стыда. Бабушка все видит, все знает, бабушка будто шелушит горох: вскрыла ногтем сердечко Блерте и вытряхнула на ладонь, но оно было уже порченным, червивым, и оставалось только выкинуть его прочь.

Бабушка давно спала. Грен курил на крыльце, он был непривычно молчалив, словно решал в уме сложную задачу и не мог найти ответа. Блерте домывала посуду. Руки двигались привычно, а в голове тяжким молотом бухали слова. Грязные мысли. Богомерзкий. Смешали кровь.

Она вздрогнула, потому что Грен вдруг оказался рядом.

— Блерте, мне... Я должен сказать тебе...

Он подошел совсем близко. Дотронулся до пряди ее волос около щеки.

Она смотрела на брата в ужасе. Так он тоже? Они оба?

— Нет, нет, молчи, не смей! — оттолкнула его и убежала.

Ночью он пришел, как обычно. Но дверь оказалась заперта.

— Спишь, Блерте?

— Нет, — отозвалась она.

Она стояла за дверью, не отходила.

— Блерте, мне нужно признаться тебе. В хорошем и плохом. С чего начать?

— С хорошего, — прошептала она.

Он улыбнулся:

— Я люблю тебя, Блерте.

Она сдавленно охнула, и наступила долгая, долгая тишина. Что она делала там, в темной комнатке, молилась, плакала или лежала в беспомощности? Не дождавшись ответа, он заговорил снова, быстро, путано, взхлеб:

— Я не брат тебе, Блерте, я тебя обманул. Твой братец Грен и не думал возвращаться домой. Он подговорил еще двоих и, как стаяли льды, сбежал с первым же кораблем. А я просто заехал сказать, чтоб вы его не ждали. Но ты так ласково назвала меня его именем... И никто не заметил подмену... Это было забавно — дразнить старуху, плести небылицы о Госпоже Треноге, но потом я понял, что не хочу пугать тебя и не хочу смотреть, как тебя лупят палкой... Блерте, я увезу тебя силой из этого паучьего гнезда, слышишь?

Он толкнул дверь, она отворилась. На сквозняке от открытого окна дрожала свеча. Постель Блерте была застелена, и на подушке лежал нательный крест.

В других обстоятельствах Грен бы посмеялся, что тихоня Блерте вылезла в окно. А теперь этот поступок казался о многом. И он знал только одно место, куда Блерте могла пойти ночью, одна, без креста.

Дурак, дурак! Почему он не сказал ей раньше, какого черта играл с ней? Все время забывал, что она считает его братом... И какого черта рассусоливает сейчас, когда Блерте бродит впотьмах на болоте и может утонуть, добираясь до старой лесничовки.

Ее крест он надел на шею, рядом со своим. И, хлопнув дверью, покинул дом.

Он порядочно заплутал и уже на рассвете вышел к озерцу с пиявками, которых так боялась Блерте. Отыскал брод, сапогам пиявки не страшны. На островке нашел обрывки платья и кровь, видно, Блерте перевязывала ноги. Кочки, ольшаник, осока, лягушата порскают из-под ног. И развалюшка со слепыми окнами, крыша провалилась, дверь в землю вросла. Разумеется, лесничовка была пуста.

А потом, холодея сердцем, он заметил ленту, почти засосанную внутрь болотного окошка, раздавленные клюквинки, сломанные ветки, вырванный мох. Дальше земля была нетронута, никаких следов. И это означало только то, что Блерте не ушла, что она осталась тут...

Он сидел на земле, держал в руке грязную ленту и плакал.

— Она не утонула, Грен, — сказал кто-то.

Голос был тихий, теплый и вкрадчивый, Грен вскочил и обернулся, ожидая встретить желтый взгляд с вертикальными зрачками. Но за его спиной стоял всего лишь Пастух, и Грен подивился, что сразу не узнал его голос.

— Ты ее видел?

— Как тебя сейчас, и даже ближе, — кивнул Пастух.

Рыжая собака у его ног скалилась, словно смеялась. Грену вдруг вспомнились нехорошие слухи, что ходили об этом человеке. «Он Пастух, а не Охотник», — так говорила Блерте, да, но где его стадо? Кого, скажите на милость, он пасет?

— Вот таких глупышей, как вы с Блерте, и пасу, — сказал Пастух и усмехнулся, показывая мелкие острые зубы. — Думаешь, вы первые явились госпожу Треногу проведать? Дети, сущие дети. Лезете, куда не просят, ищете, чего нет. Мать приспит дитя или в колодец уронит, а виновата треногая тварь. Как будто те, у кого две ноги,



ФАНТАСТИКА

зло творить не способны.

— Невинные не скрываются так умело, — перебил его Грен.

— А ты бы не скрывался, будь у тебя хвост? — развеселился Пастух. — Наши горожане и горбатых да хромым не больно жалуют. А тут третья нога. Не иначе, от лукавого. Девоч сколько в болоте едва не утопло, и все туда же, к ней, за колдовством, за счастьем и любовью. Да если б Тренога тут и была, то разве б счастьем торговала? Только бедой. Блерте одна это поняла. А не нашла никого — в трясину собралась, еле успел...

— Куда пошла Блерте? Мне нужно ее догнать и объяснить...

— Она знает, Грен. Или лучше звать тебя настоящим именем? — Пастух подмигнул. — Мне пришлось сказать ей правду о тебе, снять камень с ее души.

— И что она? — тихо проговорил Грен. — Возненавидела меня?

— Блерте не умеет ненавидеть, — покачал головой Пастух. — Не из того теста. Иди и отыщи ее и уведи подальше отсюда. Она хорошая девочка, Грен, и пора уже ей стать счастливой.

Пастух глядел Грену вслед. Ишь, дурачки, где Треногу искать удумали. Да она на болото ни ногой, сырости не любит. Ее логово в городе, и он будет обходить дом за домом, выискивая, вынюхивая, вываживая, как рыбак вываживает щуку. Рано или поздно она ошибется, выдаст себя. И тогда он убьет гадину, если она того заслуживает, если хоть часть сплетен о ней — правда.

Он докурил, свистнул собаку и размеренно зашагал по болоту, туда, к беззащитному спящему городку, где никли в палисадниках золотые шары, блестела на камушках утренняя роса, где в подполе, за горшочками с паштетом, появилась первая трещинка на тусклом сероватом яйце. Ставни в домах были еще закрыты, и редко где вился дымок над трубой, только старуха в черном стояла у забора, глядя на дорогу.

«Упустила ты свою внучку, — подумал Пастух довольный. — Некого больше тиранить».

Старуха словно услышала эти мысли и недобро зыркнула ему вслед, а потом побрела к дому. Подслеповатая и грузная, в желтоватого кружева чепце, она шла вперевалку, опираясь на трость. Поскрипывали ботинки, шуршала юбка.

Старуха улыбалась.

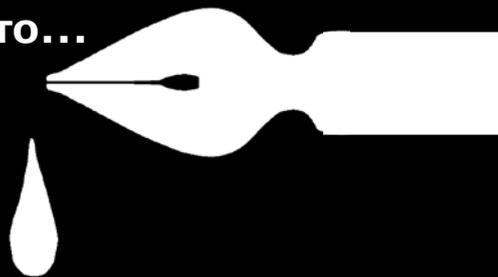
Пастух был уже слишком далеко, чтобы слышать ее шаги.

Топ-топ-топ, и тишина, и снова топ-топ-топ...



Художник А. Мюллер

Пишут, что...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Твит-война

В мире Оруэлла, где правда — это ложь, мир — это война, и жертвы вооруженных столкновений появляются во время мирных протестов, чрезвычайно важна обработка общественного сознания. От итогов информационной войны в значительной степени зависит, как общество интерпретирует происходящие события, а значит, и успех, и саму возможность каких-либо решительных действий в реальности. А для обработки общественного сознания в информационную эру имеется широкий набор инструментов, от банальных комментариев под новостями ленты информационных агентств до могучего Твиттера с его сотнями миллионов пользователей и миллиардами сообщений. На этих информационных полях разгораются священные войны и ведутся до полного искоренения противника. Оказывается, боевые действия в твит-войне молниеносны, и, единожды упустив инициативу, восстановить контроль над этим пространством чрезвычайно трудно. Это следует из работы профессоров Пекинского транспортного университета Фэй Сюн и Юн Лю («Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science», 11 марта 2014 года; doi: 10.1063/1.4866011). Они изучали твит-битву между сторонниками двух ветвей смартфонов — iPhone-4 и Blackberry, разразившуюся в первой половине 2011 года. Для этого проанализировали огромные массивы сообщений Твиттера (напомним, их максимальная длина 140 знаков, что исключает содержательную дискуссию, а лишь дает возможность высказывать собственное мнение или повторить чужое). Как оказалось, общественное мнение поначалу весьма динамично, но вскоре после развязывания битвы быстро переходит из хаотического в упорядоченное состояние с одной доминирующей позицией. В процессе перехода большое значение может иметь одна-единственная реплика, так сказать, флуктуация, однако после перехода мнение отдельного человека уже никого не волнует: все участники сделали свой выбор. Другая характерная черта — участники диспута желают не установить истину, а переубедить оппонента. Впрочем, по завершении битвы, когда общественное мнение сформировано, возникает нечто вроде подполья: обязательно останется группа, которая это мнение не примет и настаивает на своем. Но изменить ситуацию в свою пользу подпольщики уже не могут.

Исследователи надеются, что их работа поможет правильно строить стратегию рекламных компаний с использованием современных технологий, не останавливаясь на используемом ныне пассивном анализе того общественного мнения, что выражено твитами.

С.Анофелес

...высокое содержание кислорода в атмосфере экзопланеты не означает, что на ней есть жизнь, он может быть и абиогенным («New Scientist», 2014, 2962, 17, <http://arxiv.org/abs/1403.2713>)...

...арктическая озоновая дыра 2011 года стала причиной рекордно низкого содержания NO₂ в стратосфере над Сибирью («Оптика атмосферы и океана», 2014, 27, 1, 40—45)...

...наночастицы, пойманные в ловушку лазерного света, временно нарушают второе начало термодинамики («Nature Nanotechnology», 2014, doi:10.1038/nnano.2014.40)...

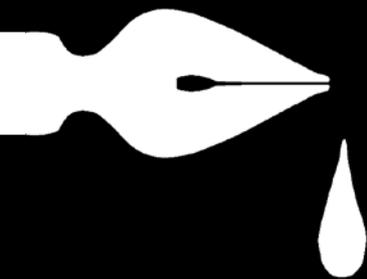
...РНК-кодирующий ген, активный в плюрипотентных клетках человека, расположен в участке ДНК, унаследованном от вируса («Nature Structural and Molecular Biology», 2014, doi: 10.1038/nsmb.2799)...

...чтобы обеспечить взаимодействие человека с объектами виртуальной реальности, необходимо оценить индивидуальные параметры фигуры оператора, для чего он должен принять хорошо «читаемую» и не воспроизводимую случайно позу, например поднять верх обе руки («Научно-технический вестник Поволжья», 2014, 1, 159—162)...

...при наблюдении равноудаленных красных и синих объектов люди могут воспринимать их как разноудаленные; который будет казаться дальше и насколько, зависит от многих факторов, как внешних, так и внутренних («Сенсорные системы», 2014, 28, 1, 3—14)...

...с помощью генератора хаоса на основе аттрактора Лоренца можно зашифровать не только текст, но и изображение, превратив его в однородный фон («Нелинейный мир», 2014, 12, 1, 54—58)...

... женщины живут дольше мужчин, зато у прекрасного пола выше суммарная продолжительность нетрудоспособности по болезни («British Medical Journal», 2014, 348, doi: 10.1136/bmj.g2471)...



...на когнитивную деятельность крыс почти не повлияли условия, моделирующие космический полет, — 30-дневное подвешивание за хвост, которое имитировало гиподинамию в невесомости, и сеансы гамма-излучения («Известия РАН. Серия биологическая», 2014, 2, 168—175)...

...некоторые виды морских слизней содержат в своих клетках хлоропласты съеденных ими водорослей; эти слизни способны долгое время жить без пищи, но, вопреки первоначальным гипотезам, не используют для этого фотосинтез («Proceedings of the Royal Society B», 2014, 281, 1774, 20132493, doi: 10.1098/rspb.2013.2493)...

...в образце вечной мерзлоты из Сибири найден необычный гигантский вирус возрастом 30 тысяч лет («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2014, 111, 11, 4274—4279, doi: 10.1073/pnas.1320670111)...

...из культуры неполовых клеток получены зародыши редких растений кедра сибирского с однолетним циклом развития («Лесоведение», 2014, 1, 51—56)...

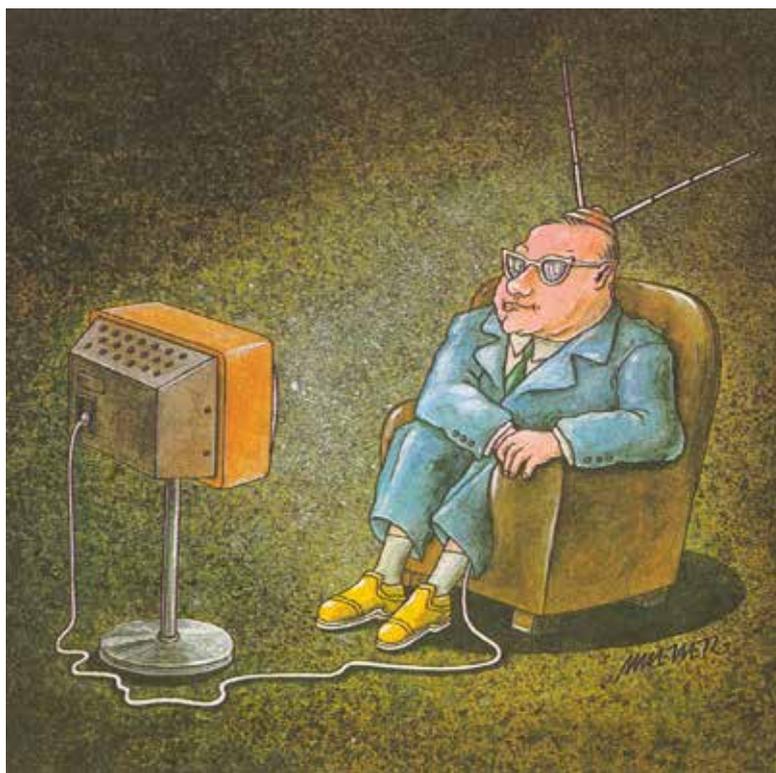
...обработка корней пшеницы суспензией лактобактерий, производящих NO, делает растения более устойчивыми к засухе («Прикладная биохимия и микробиология», 2014, 50, 2, 189—192)...

...важную роль в распространении коронавируса, вызывающего ближневосточный респираторный синдром, играют верблюды («Science», 2014, 343, 6178, 1422—1425)...

...у здоровых молодых мужчин, проживающих в Западной Сибири, есть «зимняя» и «летняя» физиологические программы регуляции дыхания («Физиология человека», 2014, 40, 1, 106—112)...

...математическое моделирование показало, что скорость плавания батманом возрастает при уменьшении времени выпрямления конечностей по сравнению с временем их сгибания («Доклады Академии наук», 2014, 454, 6, 661—664)...

Художник А. Мюллер



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Сон на заказ

Не исключено, что многократно воспетый фантастами, но от этого не менее загадочный персонаж — торговец снами — вскоре воплотится в реальность: сладкие грезы заранее оговоренного содержания можно будет заказывать у специалистов. Во всяком случае, довольно простой способ управления содержанием сна — с помощью тихих звуков — испытывал в течение двух лет англичанин Ричард Вайсман из Хертфордширского университета (агентство «AlphaGalileo», 24 марта 2014 года). С помощью знакомых программистов он создал приложение Dream:ON для iPhone. Это приложение следит за спящим человеком и время от времени включает тихие звуки, которые должны вызвать какие-то ассоциации. А после сеанса просмотра наведенного сна приложение включало будильник и просило участника эксперимента рассказать о только что виденном, пока оно не исчезло из памяти. За два года приложение скачало полмиллиона человек, и в распоряжении Вайсмана оказались данные о миллионах сновидений.

Эта огромная статистика позволила установить, что метод действительно работает. Если человек заказывал пляж, то ему во сне и показывали принятие солнечной ванны, а если ландшафт — организовывалась прогулка среди деревьев и цветов. Одновременно был зафиксирован и эффект полнолуния — в эти дни сон у участников эксперимента оказывался хуже, а сновидения были странными и путаными. Кроме того, было выявлено, что некоторые звуковые ряды приводят к наиболее приятным снам. Видимо, с изучением найденного эффекта и будет связана дальнейшая работа автора исследования. «После хорошего сна у человека и настроение хорошее, что положительно сказывается на его работоспособности. Фактически, мы нашли способ обеспечивать людям сладкий сон, и это может стать основой новой терапии, в частности направленной на лечение душевных расстройств или депрессивного состояния», — говорит он.

А. Мотыляев



Атомы, меченные Дьёрдем Хевеши

Н.Д.КАЛИТИНУ, Санкт-Петербург: *Химмотология — область знаний о свойствах, качестве и рациональном использовании горючих и смазочных материалов в технике; термин, введенный в советское время, сегодня не слишком распространен, однако не вышел из употребления.*

А.Л.ЛИННИКУ, электронная почта: *Чернила для рисования проводящих дорожек на печатной плате можно сделать так: растворите 1 г ацетата серебра в 2,5 мл 30%-ного гидроксида аммония, прилейте по каплям, перемешивая, 0,2 мл муравьиной кислоты, закройте сосуд и оставьте на 12 часов, затем осторожно слейте и профильтруйте раствор; чтобы нарисованные дорожки стали серебряными, нагрейте плату примерно до 90 °С.*

М.С.ОЗЕРОВУ, Москва: *Масло из семян мака, к счастью, не имеет наркотического действия; помимо употребления в пищу и традиционных применений в косметологии и живописи, маковое масло с добавкой иода используют как рентгеноконтрастное вещество и среду для доставки противоопухолевых препаратов.*

О.В.КОВАЛЕНКО, Самара: *Простой, но функционально полный рисовальщик формул органических соединений с возможностью сохранения картинка в вашем компьютере есть, например, по адресу <http://www.ximtik.ru/rhf/>; вообще, таких программ много, в том числе бесплатных, так что не стоит мучиться, составляя формулы из палочек в редакторе Paint.*

Л.С.УСИЧ, Москва: *Изделия с опалом мыть водой не только можно, но и нужно, это уберегает камень от трещин.*

Т.П.ИВАНОВОЙ, Волоколамск: *Китайская редька, она же лоба или маргеланская редька, — группа сортов редьки посевной *Raphanus sativus*; бывает и белой, и розовой, и красной.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Приносим извинения за ошибку в № 2 на с. 35: подпись под формулой справа конечно же должна быть «Метилмеркаптан».*

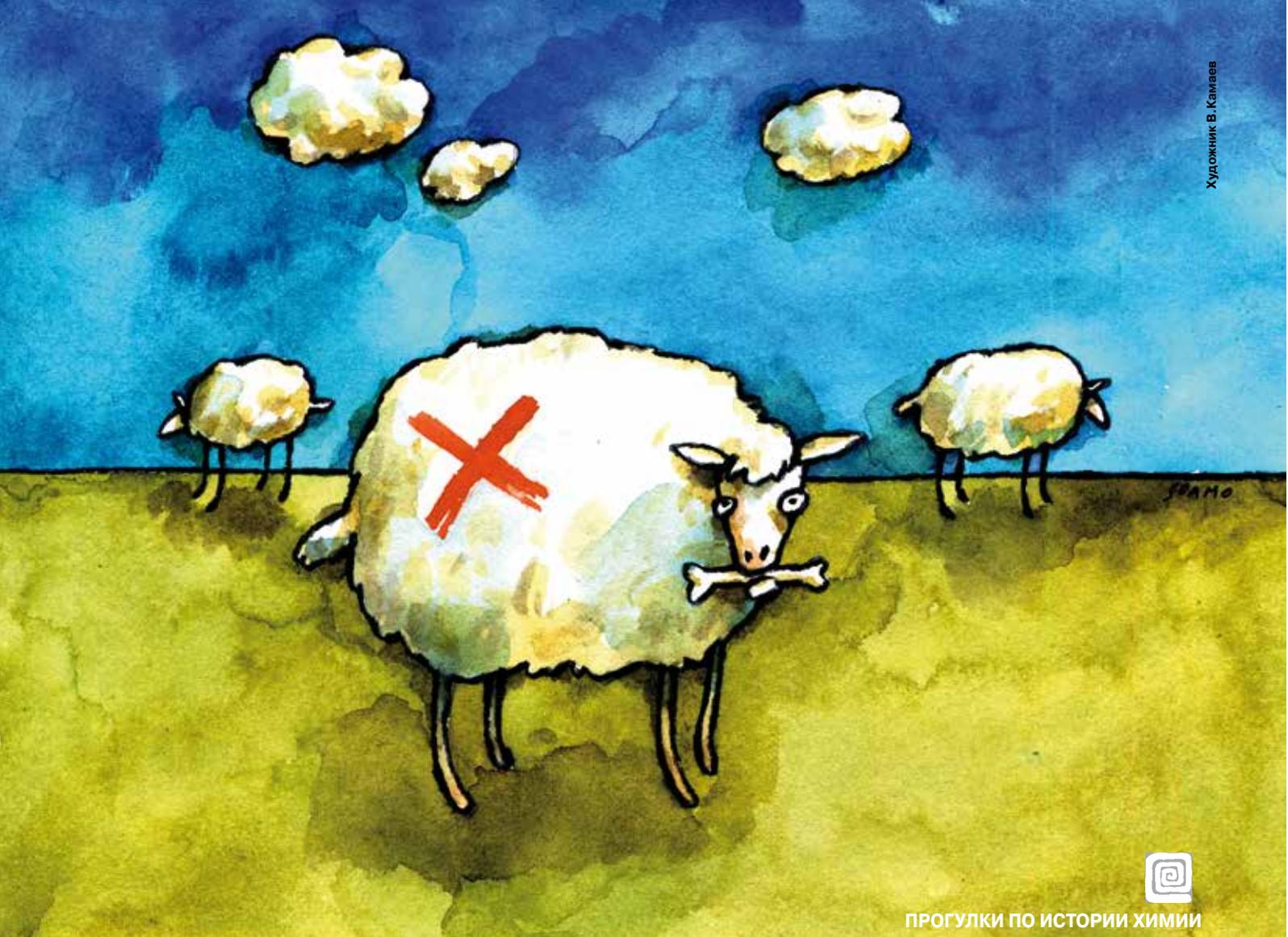
АВТОРАМ: *Посылая файлы на адрес редакции, пожалуйста, не прикрепляйте их к пустому письму — напишите хотя бы вкратце, что вы хотите предложить нам и почему это интересно; фантастические рассказы в редакцию присылать не надо, мы ждем их на конкурсе (см. раздел «Проекты» на www.hij.ru).*

С присуждением Нобелевской премии по химии за 1943 год «за работы по использованию изотопов в качестве индикаторов при изучении химических процессов» была связана проблема: какую страну представляет лауреат? Дьёрдь Хевеши родился 1 августа 1885 года в Будапеште (тогда — Австро-Венгрия) в семье управляющего горнодобывающей компанией Лайоша (Луиса) Бизица и Евгении, в девичестве баронессы Шоссбергер. И отец, и мать происходили из состоятельных семей. В 1895 году император Франц Иосиф пожаловал придворному советнику Луису Бизицу дворянский титул, после чего фамилия членов семьи стала Хевеши-Бизиц, а затем упростилась до Хевеши. Будущий лауреат в своих публикациях по-немецки всегда писал von Hevesy. Однако его никогда не называли немецким химиком. Так кто же он?

Отец Хевеши происходил из венгерских евреев, принявших католичество. Сына он отдал в гимназию католического монашеского ордена, члены которого принимали обет безвозмездного обучения юношества. После окончания гимназии — Будапештский университет, через год — Берлинский технический университет, который его тоже не устроил. Следующим был Фрайбургский университет в Брайсгау, где в 1908 году он получил докторскую степень. Несколько лет Хевеши работал в Цюрихе в Федеральном технологическом институте. Затем два года был ассистентом в Институте физической химии Технического университета Швейцарии, затем работал в Германии у Фрица Габера. В 1910 году переехал в Англию, работал в лаборатории Эрнеста Резерфорда, там подружился с Нильсом Бором. В Манчестере Хевеши повторил трюк, проделанный за 20 лет до этого Робертом Вудом, — он заподозрил, что в столовой общедоступия для приготовления некоторых блюд используются объедки. Но если Вуд для проверки использовал соли лития и спектроскоп, то Хевеши применил слаборадиоактивный препарат и электроскоп и в одном из блюд обнаружил радиоактивность. Это было первое в истории практическое применение метода меченых атомов.

Именно Резерфорд предложил Хевеши задачу, которая хоть и оказалась невыполнимой, но привела к Нобелевской премии! В лаборатории Резерфорда проводились масштабные исследования радиоактивных веществ. Тогда еще не было четкого представления об изотопах, поэтому использовали такие обозначения, как RaB (²¹⁴Pb), RaD (²¹⁰Pb) и так далее. Рассказывает Хевеши: «Источник радия находился в чехословацком городе Иоахимстале (ныне Яхимов в Чехии. — *И.Л.*): именно из добываемой там урановой смоляной руды профессор мадам Кюри выделила этот элемент. Австрийское правительство, владевшее рудниками, любезно предоставило профессору Резерфорду как сам радий, так и отходы его производства. Один из них — радий D с периодом полураспада 20 лет; было показано, что это вещество связано с большими количествами свинца. Австрийское правительство подарило профессору Резерфорду несколько сотен килограммов этого «радиосвинца». Однако из-за того, что радиоактивный свинец находился в окружении очень больших количеств обычного свинца, который поглощает излучение радия D, использовать это весьма ценное радиоактивное вещество оказалось почти невозможным. Однажды, в 1911 году, Резерфорд сказал мне в своей доброжелательной и неформальной манере: «Мой мальчик, если ты стоишь своего жалованья, то постарайся отделить радий D от всей этой массы свинца». Несмотря на то, что я предпринял многочисленные способы отделения радия D от свинца и проработал над этой проблемой почти два года, у меня ничего не получилось. Этот радий D не желал отделяться!»

Однако эта ситуация привела Хевеши к открытию «метода меченых атомов», который применяется во многих областях науки, техники и медицины (см., например, статью «Технеций: что нового» в № 12 за 2008 год). Как показал Хевеши, RaD невозможно отделить от свинца, но его можно получить в чистом виде из соли радия или из его эманации, то есть радона. В то время самые большие в мире запасы радия были в Институте радия в Вене. Хевеши в конце 1912 года переехал в Вену и совместно с Фредериком Панетом начал исследования по радиоактивным индикаторам.



ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

В Вене Хевеши получил право читать лекции и стал преподавателем в Будапештском университете. В 1915 году он был призван в австро-венгерскую армию, после окончания войны продолжил преподавание, но бурные события в стране (в 1919 году в Будапеште произошла революция, было образовано советское правительство) побудили его переехать в Копенгаген. Там он начал работать в Институте теоретической физики у Нильса Бора и вместе с нидерландским физиком Дирком Костером открыл гафний. Спустя шесть лет Хевеши вернулся во Фрайбург в качестве профессора физической химии, несколько лет он преподавал также в Корнелльском университете в США.

После прихода нацистов к власти Хевеши сразу же подал в отставку, но по просьбе руководства университета согласился остаться еще на год, пока его студенты-арийцы не доделают диссертации. После этого он вернулся в Копенгаген к Бору. С этим периодом связана известная детективная история. Физики Макс фон Лауэ и Джеймс Франк передали свои золотые медали на хранение Нильсу Бору, опасаясь, что нацисты их конфискуют. Однако немцы оккупировали Копенгаген, и Хевеши решил спрятать их необычным образом. «В то время, когда войска завоевателей шли по улицам Копенгагена, — вспоминал Хевеши, — я был занят, растворяя медали». Раствор золота в царской водке благополучно простоял несколько лет на полке, после войны Хевеши не составило труда вновь выделить это золото, которое он передал в Швецию для повторного изготовления медалей. А медаль самого Бора, как и медаль Августа Крога, была передана в марте 1940 года в Фонд помощи Финляндии, подвергшейся агрессии со стороны СССР. Обе медали купил

неизвестный, который потом подарил их Музею национальной истории в Фредериксборге, там они хранятся и по сей день.

С 1943 года Хевеши жил в Стокгольме, работал в Институте органической химии. В 1949 году он получил должность профессора в Гентском университете в Бельгии, но и после отставки оставался активным научным сотрудником Стокгольмского университета. Последние месяцы жизни тяжелобольной Хевеши провел в университетской больнице Фрайбурга, где скончался в 1966 году. Таким образом, Хевеши жил, учился и работал в Венгрии, Австрии, Швейцарии, Англии, США, Дании, Швеции, Бельгии... Какой же стране принадлежит честь считать нобелевского лауреата своим? На англоязычных сайтах его называют венгерско-шведским химиком, а на сайте Нобелевского комитета — венгерским.

Поражает даже простое перечисление вопросов, в решении которых Хевеши принял активное участие, используя открытый им метод меченых атомов. Темы его работ, о которых Хевеши рассказал в нобелевской лекции «Некоторые применения изотопных индикаторов», — самодиффузия в жидкостях и твердых телах, теория электролитической диссоциации, аналитическая химия, радиоактивные индикаторы в биологии и медицине, искусственные радионуклиды, радиоактивный фосфор, проницаемость мембраны эритроцитов, пути фосфора в организме... Недаром эта лекция — одна из самых содержательных и больших, ее текст занимает 33 страницы.

И.А.Леенсон

Международная выставка
химической промышленности и науки



ХИМИЯ+



ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ



ХИМ-ЛАБ-АНАЛИТ



ХИММАШ. НАСОСЫ

21–24
ОКТЯБРЯ
2014

12+

www.chemistry-expo.ru

www.ica-expo.ru

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >

Организатор:

 **ЭКСПОЦЕНТР**
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

При официальной поддержке:

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



Реклама