

К

3

2013

НЭЖ И БИМХ





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 27.2.2013

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

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Иоахима Кнаппа. Найти свое
место на Земле не так уж и просто.
Но очень хочется. Читайте об этом
в статье «История долготы».

*Лотерея — наиболее точный способ
учета количества оптимистов.*

Михаил Жванецкий

Содержание

История современности РОЖДЕНИЕ ГЕОХИМИИ. Г.Б.Наумов.....	2
История современности ВЛАДИМИР ВЕРНАДСКИЙ. Г.Б.Наумов	6
Планета Земля ГОРЯЩИЕ ГОРЫ. Р.М.Харасов	9
Расследование КВАРЦ С БЕЛОЙ ПОЛОСОЙ. Б.З.Кантор.....	10
Научный комментатор ГЕНЫ КРАСЯТ КОШКУ. Н.Л.Резник	12
Проблемы и методы науки МОЛЕКУЛА-ТЫКВА. Е.А.Коваленко.....	16
Нанофантастика МЫ СДЕЛАЕМ ЭТО! Наталья Духина	19
Биогенез ПРОБЛЕМА ХИРАЛЬНОЙ ЧИСТОТЫ. М.А.Никитин	22
Элемент №... СКАНДИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев	26
Ученые досуги СКАНДИЙ КАК БИВНИ СЛОНА. Н.А.Спивак.....	27
Вещи и вещества КОСМИЧЕСКАЯ ПЛЕСЕНЬ И ЯНТАРЬ. В.Б.Акопян	28
Глубокий эконом НЕРАВЕНСТВО. Л.Стрельникова	31
Глубокий эконом ЖЕНЩИНЫ И КРИЗИС. С.Анофелес	33
Радости жизни РОБОТЫ: НЕМИНУЕМОЕ НАШЕСТВИЕ. Д.А.Рогаткин, Д.Г.Лапитан	34
Проблемы и методы науки ИСТОРИЯ ДОЛГОТЫ. А.А.Васильев	40
Дневник наблюдений ВЕРНОСТЬ ДО РАЗЛУКИ. Н.Анина	46
Другие вещи ЧЬЯ ОЧЕРЕДЬ ГОРШКИ ОБЖИГАТЬ? М.Демина.....	48
Что мы едим КОКОС. Н.Ручкина.	54
Фантастика МАТРЕНИНЫ ПИРОГИ. Святослав Логинов.....	56
Прогулки по истории химии ПАРФЮМЕРИЯ ДРЕВНИХ. И.А.Леенсон.....	64

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	20	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	30, 53	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	61	ПЕРЕПИСКА	64

Рождение геохимии

Доктор
геолого-минералогических наук
Г.Б. Наумов



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

В 2013 году исполняется 150 лет со дня рождения Владимира Ивановича Вернадского (12 марта 1863 — 6 января 1945). Юбилей включен в список памятных дат ЮНЕСКО, и его отмечают не только в нашей стране

«Корни всякого открытия лежат далеко в глубине, и, как волны бьются с разбега о берег, много раз плещется человеческая мысль около подготавливаемого открытия, пока придет девятый вал»: эти слова В.И. Вернадского в полной мере относятся к геохимии — от первого упоминания этого слова до ее признания и формирования как науки прошло больше столетия. Сегодня это важнейшая дисциплина, которая теснейшим образом связана с экологическим мониторингом и решением экологических проблем.

Впервые термин «геохимия» употребил в 1838 году швейцарский химик Христиан Фридрих Шенбейн (1799—1868). «Уже несколько лет тому назад, — писал он в 1842 году, — я публично высказал свое убеждение, что, прежде чем может идти речь о настоящей геологической науке, мы должны иметь геохимию, которая должна направить свое внимание на химическую при-

роду масс, составляющих наш земной шар, и на их происхождение, по крайней мере, столько же, сколько и на относительную древность этих образований и в них погребенных остатков допотопных растений и животных. С уверенностью можно, конечно, утверждать, что геологи не вечно будут следовать тому направлению, последователями которого они сейчас являются. Они, для расширения своей науки, как только окаменелости не смогут достаточно служить им, должны будут искать новые вспомогательные средства и, без сомнения, тогда введут в геологию минералого-химические пути исследования. Время, когда это свершится, кажется мне не столь далеким».

Шенбейн ошибся только в одном: время его идей пришло лишь в XX веке. В XIX веке научные умы занимал многовековой спор плутонистов и нептунистов. Последние считали, что земля получила свой вид благодаря воде. Плутонисты полагали, что окружающую природу создает расплавленная горячая магма, находящаяся внутри планеты, а значит, главное в геологии — это вулканы, гейзеры, землетрясения, термы. Именно благодаря внутренним силам земли образуются горы, горные породы и ландшафты.

Немного позднее, в 1866 году, известный немецкий химик и фармацевт Карл Фридрих Мор (кстати, это он ввел понятие «нормальность раствора», разработал метод определения серебра, сконструировал бюретку и пипетку) напечатал замечательный труд «История Земли. Геология на новых основаниях». В этой книге, анализируя геологические знания своего времени, Мор с ужасом отмечал, что геологи создали свою «физику» и «химию», в которых «легчайшие тела тонут в тяжелейших средах», а пар имеет силу, «какая не снилась обычной физике». Сравнивая относительную силу двух важных кислот, угольной и кремниевой, в различных геологических условиях, он показал, что ближе к поверхности сильнее угольная кислота, поскольку вытесняет кремниевую из ее солей. А в глубине Земли, в области высоких температур и давлений, наоборот, кремниевая становится сильнее. Это был уже вполне современный геохимический подход, основанный на эмпирических минералогических данных.

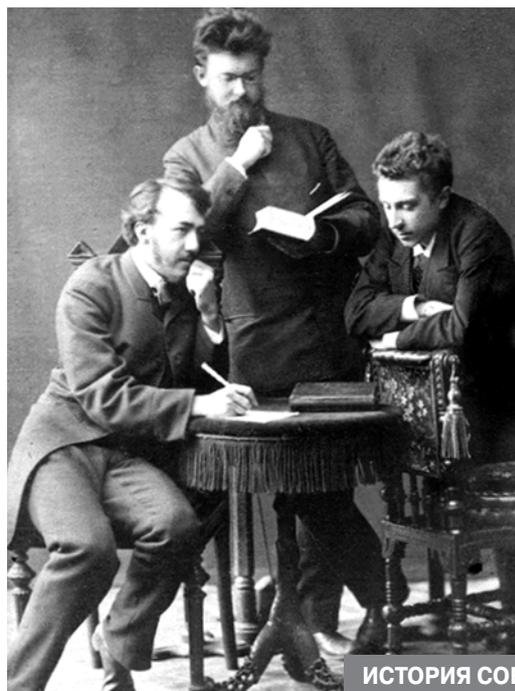
В то время ни в геологии, ни в химии не было благоприятной среды для выделения геохимических идей в отдельную дисциплину. Почва для этого медленно подготавливалась в течение десятилетий со второй половины XIX века. Не буду перечислять все события и высказывания, которые, «как волны», готовили открытие новой отрасли науки, тем более что это полно и емко сделал В.И.Вернадский в первой же части своих знаменитых «Черков геохимии». Сама геохимия как наука родилась только в начале XX века.

Было два основных направления ее развития, которые долгое время почти не пересекались. Одно из них родилось из кристаллохимии, и его родоначальниками можно считать Минералогический институт в Гёттингене и Университет в Осло. Усовершенствовавшиеся к тому времени рентгенометрические методы позволили наконец связать свойства кристаллических веществ с их атомной структурой и положением в Периодической системе элементов. Норвежский химик и кристаллограф Виктор Гольдшмидт (1888—1947) ввел понятия об атомных и ионных радиусах, сформулировал закон изоморфизма (этот закон носит его имя), применил термодинамическое правило фаз к геологическим объектам и построил геохимическую классификацию элементов. Но самое главное — был найден инструмент исследований: им стали представления о размерах атомов и о связях между ними.

Огромную роль в формировании геохимии сыграла также Фенноскандия (географическая область, включающая Скандинавию, Кольский полуостров, Финляндию и Карелию). Ее географические и геологические особенности нацелили ученых на исследование минералов, магматических и метаморфических горных пород и тех процессов, которые происходят в более глубоких геосферах Земли, — в частности на изучение того, как перемещаются элементы в условиях градиентных значений температур и давлений. Геохимия минеральных веществ быстро вошла в геологию, а затем сделалась самостоятельной наукой. Объектами ее исследований стали минералы и все, что состоит из минералов.

Второе направление геохимии связано с именем Владимира Ивановича Вернадского, оставившего богатый архив дневников и рабочих записей, писем родным и друзьям, по которым можно проследить все этапы развития его мировоззрения. Он сформулировал идеи, к которым только сейчас подходит научная мысль. А формирование его уникального мышления началось еще в детстве.

Представление о единстве мира сложилось у подрастающего Володи под влиянием прогулок с двоюродным дядей Евграфом Максимовичем Короленко. Евграф Максимович, поклонник Вольтера, занимался наукой как любитель, в частности вдохновленный теорией Дарвина, писал сочинение о происхождении человека. В своем племяннике он нашел благодарного слушателя. «Никогда не забуду того влияния, какое имел для меня этот старик в первые годы моей умственной жизни, — писал Вернадский в 24 года жене Наталии



1
Фото после сдачи экзамена Д.И.Менделееву. Слева направо: А.Краснов, В.Вернадский, Е.Ремизов



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

Егоровне. — Вспоминаются мне темные зимние звездные вечера. Перед сном он любил гулять, и я, когда мог, всегда ходил с ним. Я любил всегда небо, звезды, особенно Млечный Путь поражал меня, и в эти вечера я любил слушать, как он мне о них рассказывал; я долго после не мог успокоиться; в моей фантазии бродили кометы через бесконечное мировое пространство; падающие звезды оживлялись; я не мирился с безжизненностью Луны и населял ее целым роем существ, созданных моим воображением. Такое огромное влияние имели эти простые рассказы на меня, что мне кажется, что я и ныне не свободен от них».

Ощущение единства человека и природы, идею целостности мира и одновременно бренности всех его живых и неживых (косных) объектов Вернадский усвоил с детства и воспринимал как аксиому. Понимание взаимосвязи между самыми разными объектами природы и стремление найти эти связи стало характерной чертой всей его научной деятельности.

Окончив гимназию, В.И.Вернадский поступил на естественное отделение Петербургского университета. Позднее, в 1922 году, он вспоминал: «Университет имел для всех нас огромное значение. На первом курсе открылся перед нами новый мир, и мы все бросились страстно и энергично в научную работу». Лекции Д.И.Менделеева оказали решающее влияние на молодого студента, нацелили молодого исследователя на химическое мышление. «На его лекциях мы освобождались от тисков, входили в новый чудесный мир, и в переполненной 7-й аудитории Дмитрий Иванович, подымая и возбуждая глубочайшие стремления человеческой личности к знанию и к его активному приложению, в очень многих возбуждал такие логические выводы и настроения, которые были далеки от него самого». Отношение к лекциям Д.И.Менделеева можно оценить хотя бы по тому, что три друга, А.Краснов, В.Вернадский и Е.Ремизов, после сдачи экзаменов своему любимому профессору специально пошли в фотоателье и сфотографировались на память (рис. 1). Понимание Вернадским химии и глубокое уважение к ней зародилось в университете.

Окончив университет, Вернадский поступил на должность хранителя минералогического кабинета Императорского Московского университета. Первые же его исследования по минералогии отличались внимательным отношением к химии минералов и глубокой проработкой химизма их образования, в то время как до него упор в минералогии делали на кристаллические формы, оптические характеристики и условия, в которых нашли минерал. Его работы «Лекции описательной

минералогии» (1899), «Опыт описательной минералогии» (1908) и «Минералогия» (1910) — это фундаментальные труды по химии минералов. Отсюда начался его путь в геохимию.

Как представитель точного знания, В.И. Вернадский во всех своих работах всегда старался опираться на количественные характеристики, выраженные числом и мерой. И в то же время его интересовали самые разные природные объекты. Как найти общую меру для различных природных тел: больших и малых, земных и космических, живых и косных? Масса — не информативный параметр, а морфология может быть похожа у самых разных объектов (например, облако и опухоль описывают примерно одинаково). Ответ подсказала химия минералов. «В каждой капле и пылинке вещества на земной поверхности по мере увеличения точности наших исследований мы открываем все новые и новые элементы. В песчинке или капле, как в микромире, отражается весь состав космоса». Эти слова, сказанные при открытии секции геологии и минералогии на съезде русских естествоиспытателей и врачей (1909), стали ключевыми для целой серии работ по «спектроскопии земной коры» и последовавших затем «очерков геохимии».

Итак, все элементы есть везде, но в разных количествах. И это не случайность, а проявление законов природы. «Каково бы ни было объяснение этого явления, схема рассеяния элементов очень удобна для классификации фактов». Общая мера найдена! Закономерности распределения химических элементов — вот та единая мера, которую можно применить ко всем природным телам. Этот подход объединил методы изучения и живого, и косного вещества.

В 1908 году главный химик Американского геологического комитета Франк Уиглсуорк Кларк, всю жизнь занимавшийся геологическими проблемами, свел и переработал все имевшиеся данные, в книге «Data of Geochemistry». Там он впервые привел статистические данные о распределении элементов в природных телах и минералах. Это было очень важно: геологические данные приобрели наконец геохимический смысл. Ведь все тела состоят из атомов, только из каких именно, определяется законами природы. Именно на этом подходе позднее были построены знаменитые лекции Вернадского, которые он читал в Коллеж де Франс в Сорбонне.

Современная геохимия

За последние два десятка лет геохимия помогла получить ответы на самые разные принципиальные вопросы. Заметим, что сегодня эта наука исследует распределение не только элементов, но также отдельных изотопов.

Когда на Земле появилась жизнь?

Древнейшие палеонтологические остатки имеют возраст 2,8 млрд. лет. Еще более древними (3,2 млрд. лет) считают некоторые образования, по форме напоминающие микроорганизмы. Но и в еще более древних породах находят углеродистые соединения — какого они происхождения? Может быть, это остатки микропланктона? Соотношение изотопов углерода $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ позволяет отличить углеродистые соединения органического происхождения от минеральных. Сегодня возраст следов, которые ученые расценивают как биологические,

достигает 3,8 млрд. лет. В таком случае жизнь примерно на 0,8 млрд. лет моложе самой нашей планеты.

Когда на Земле появилась вода?

В Западной Австралии (Джек Хиллс) найдены окатанные цирконы, которые считаются старейшими в мире. «Окатанные» — значит на них воздействовали текучие воды и лед. Возраст цирконов — 4,4 млрд. лет — установлен уран-свинцовым методом радиоизотопного датирования (циркон содержит уран в следовых количествах). Получается уже тогда на Земле была вода? По соотношению изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в составе силиката циркония ZrSiO_4 (основного компонента циркона) можно судить о том, в каких условиях формировались кристаллы. Установив это соотношение, ученые сделали вывод, что действительно на поверхности Земли уже тогда, больше 4 млрд. лет назад, была вода («Nature», 2001, 409, 6817, 175—178, doi:10.1038/35051550, 178—181, doi:10.1038/35051557). Этот вывод был подтвержден и другими методами.

Но возраст самой Земли оценивается в 4,5 млрд. лет, когда она возникла путем аккреции (слипания) частиц протопла-

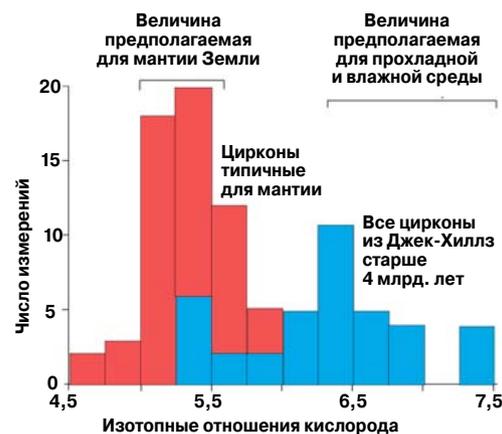
В 1924 году лекции издали во Франции на французском языке, а потом и на русском под заглавием «Очерки геохимии».

Элементный химический состав природных тел настолько показателен, что его, как выяснилось, можно использовать как один из видовых признаков, и не только для минералов и горных пород, но даже для всех живых организмов. Это оказалось единой мерой измерения, центральным ядром синтетического подхода к косным и живым объектам природы, с помощью которого можно понять, как они влияют друг на друга. А также как они влияют на процессы, происходящие в земной коре, гидросфере и атмосфере.

Если атомная геометрия применима только к минералам и природным объектам, состоящим из минералов (как в первом кристаллохимическом направлении), то такой инструмент, как изучение распределения элементов, подходит ко всему, в том числе и к живым организмам. Как горная порода состоит из минералов, которые потихоньку разрушаются, а потом превращаются в что-то другое, так и живые организмы создают сообщества, биоценозы, внутри которых одни виды питаются другими и происходит своеобразный круговорот элементов. Для анализа живых организмов с точки зрения распределения элементов Вернадский вводит новое понятие — «живое вещество».

Получилась единая система уровней организации косного и живого на планете. В минеральном веществе это минерал — порода — комплекс и т. д. В живых организмах это биологический вид — биоценоз — биотоп (участок пространства, занятый определенным биоценозом) и т. д. Но эти линии не изолированы друг от друга, между ними есть непрерывная связь. Единая мера позволяет сопоставлять химию живого и косного, исследовать круговорот элементов между ними. Это было не так важно в начале XX века, но становится особенно ценным сейчас, в современных экологических исследованиях.

С введением этих понятий открылся еще один важный аспект геохимического анализа развития нашей планеты — исторический. «Биогенные породы... идут далеко за пределы биосферы. Учитывая явления метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходят из биосферы. Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер». Все это происходит по своим законам, и, чтобы их узнать, надо изучать



Изотопные соотношения кислорода в цирконах, которые показывают, что вода на Земле была с самого ее образования

нетного диска. Результаты исследования австралийских цирконов подтверждают, что гидросфера и атмосфера Земли возникли в фазу аккреции, почти одновременно с самой Землей. Кстати, ученик В.И. Вернадского геохимик К.П. Флоренский обосновал это еще в 1965 году.

распределение элементов в природных объектах, их изменения в пространстве и во времени. Говоря о своем понимании геохимии, В.И.Вернадский писал: «Я подошел к новому для меня и для других и тогда забытому пониманию природы — геохимическому и биогеохимическому, охватывающему и косную и живую природу с одной и той же точки зрения. Подходя геохимически к изучению геологических явлений, мы охватываем всю окружающую нас природу в одном и том же атомном аспекте».

К пониманию этого Вернадский шел в течение многих лет упорной работы. Только в 1916 году он завел специальную папку для рабочих материалов по живому веществу, которые легли в основу его фундаментальной работы «Биосфера», вышедшей из печати в 1926 году, — для того, чтобы идеи выстроились в теорию, понадобился не один десяток лет.

Но это еще не все. Постоянная сменяемость любых природных объектов (организмы рождаются и умирают, минералы и горные породы зарождаются, растут и разрушаются) привела Вернадского к идее геохимических циклов. В вечный круговорот включены все элементы земной коры, только скорость этих круговоротов различна. У каких-то элементов циклы могут исчисляться годами, у других сотнями, миллионами и даже миллиардами лет. Элементами обмениваются не только твердые, жидкие и газовые оболочки земной коры, но и живые и неживые (косные, по терминологии Вернадского) природные тела.

Свои идеи Вернадский сформулировал и опубликовал в то время, когда происходила дифференциация науки — возникали все новые и новые научные дисциплины: физическая химия, химическая физика, электрохимия и прочие. Поэтому в начале XX века синтетическое мышление Вернадского, объединяющее все, было просто непонятно.

К тому же в Советском Союзе на все смотрели через призму марксистско-ленинской догмы. В 1932 году академик А.М.Деборин, главный редактор журнала «Под знаменем марксизма», подвел итог: «Все мировоззрение В.И.Вернадского, естественно, глубоко враждебно материализму и нашей жизни, нашему социалистическому строительству». Малая советская энциклопедия 1934 года так характеризовала Вернадского: «По своему мировоззрению — сторонник идеалистической философии; в научных работах проводит идеи «нейтрализма» науки,

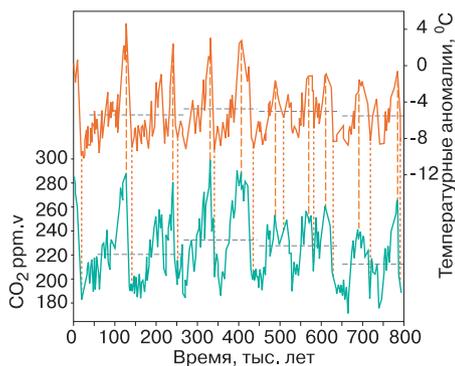
выступает в защиту религии, мистики, «исконности жизни и живой материи» и ряда виталистических и антиматериалистических концепций, отрицая материалистическую диалектику».

Но даже если отбросить идеологические нападки советских ортодоксальных марксистов, идея взаимосвязи косного и живого не нашла понимания среди геохимиков. В 1929—1930 годы во время заграничной поездки, Вернадский вел переговоры о создании международного журнала по геохимии. Саму идею журнала поддержали, но крупные европейские геохимики Виктор Гольдшмидт, Вильгельм Эйтель и другие видели эту науку только как химию косного вещества планеты. Они не отдавали должного роли живого вещества в эволюции планеты, считали, что изучение живого — прерогатива биологов и геохимикам здесь делать нечего. Даже ближайший ученик и сподвижник А.Е.Ферсман до конца не воспринял этих идей: в своей статье «Успехи минералогии и геохимии за 25 лет Советской власти», перечислив 13 основных направлений развития геохимии, он вообще не упомянул биогеохимию.

Не случайно в 1931 году ученый записал в своем дневнике: «Царство моих идей впереди». Для научных идей, как и для растений, нужна подходящая почва, которая зреет постепенно, по мере накопления нового научного знания. Положение начало меняться только в конце прошлого века — ученым стало ясно, что для понимания глобальных геологических явлений одной физики и химии совершенно недостаточно.

Сейчас уже нет сомнения, что живое вещество оказывало кардинальное влияние на формирование и развитие всей земной коры. Достаточно напомнить, что все карбонатные породы (толщя известняков, мрамора) имеют биогенное происхождение, то есть в основе — кальциевые скелеты биоты. Практически весь свободный кислород атмосферы возник в результате фотосинтеза, то есть результат действия живого вещества. Например, сегодня кислород образуется с такой скоростью, что его количество в атмосфере может удвоиться всего за 4000 лет (если бы он не расходовался на окисление). В некоторые предыдущие эпохи эта скорость могла быть еще больше.

В процессах фотосинтеза растения ежегодно используют 430 млрд. тонн воды, причем выделяющийся кислород берется именно из воды (а углекислый газ превращается в органиче-



Колебания температуры (верхняя кривая) и содержания углекислого газа (нижняя кривая) в миллионных долях (ppm) за 800 тыс. лет. Данные, полученные из ледового ядра с купола «С» и «Тейлора». Горизонтальные пунктирные линии — среднее значение температуры или содержание CO₂. Вертикальные пунктирные линии — начало и максимум потепления. («Nature», 2008, т. 453, стр. 379-382)

Как образовались рудные месторождения?

Много лет ученые спорят о том, какова роль мантии Земли в формировании рудных месторождений. Существовало предположение, что потоки флюидов (в геологии

флюид — это жидкие и газообразные легкоподвижные компоненты магмы или растворов, циркулирующие в земных глубинах) прорываются из мантии на поверхность и именно из них образуются полезные ископаемые. В 2012 году были опубликованы собранные в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского данные статистического анализа многих тысяч определений, по которым можно судить о том, сколько воды во флюидных включениях магматических пород. Эти цифры, полученные в различных лабораториях мира, говорят о том, что мантия — сухая: содержание воды в мантийных породах менее одного процента. Иными словами, вода, равно как и соединения хлора, — это вещества, содержащиеся преимущественно в земной коре, но не в мантии. А значит и те флюиды, из которых потом образуются рудные месторождения, — не мантийного, а более поверхностного происхождения.

Причина потепления

Исследование льдов Антарктиды позволило восстановить температуру и содержание CO₂ в атмосфере Земли за последние 800 тысяч лет. Корреляция этих двух параметров очень хорошая —

ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

чем теплее, тем больше в атмосфере CO₂. Никаких техногенных выбросов тогда, естественно, не было. Тем не менее на Земле случались периоды и более теплые, и более холодные, чем сейчас, и содержание CO₂ в атмосфере поднималось выше современного и опускалось ниже. Все эти колебания, очевидно, не связаны с человеческой деятельностью. Но что из этих двух параметров причина, а что следствие?

Если рассмотреть начала подъема кривых, то можно заметить, что содержание углекислоты в атмосфере следует за подъемом средней температуры. Это говорит о том, что сначала происходит потепление и только потом растет концентрация углекислого газа. Дело в том, что в Мировом океане углекислоты растворено в 60 раз больше, чем во всей атмосфере, и повышение температуры океана уменьшает его буферную емкость. Поэтому, возможно, причина нынешнего потепления не парниковый эффект, а возросшая активность Солнца — споры ученых на эту тему продолжаются.

Владимир Вернадский

Доктор
геолого-минералогических наук
Г.Б.Наумов



Обмен веществ между атмосферой, литосферой и гидросферой

ские вещества). Поэтому вся вода современной гидросферы могла бы пройти через биосферу за 3,2 млн. лет. Следовательно, с начала кембрийского периода (около 542 млн. лет), вся гидросфера могла пройти через фотосинтез 180 раз. Залежи углей, нефти и газа, массы углеродистых сланцев теснейшим образом связаны с накоплением умерших живых организмов (рис. 2).

Сегодня геология под влиянием новых геохимических данных постепенно переходит от упрощенных линейных моделей развития земной коры к пониманию взаимосвязи разновозрастных природных образований. Ученые начинают рассматривать последовательные природные события как единую систему, в которой происходит неоднократное перераспределение химических элементов. Например, «бездонные» гранитные массивы, уходящие в глубь Земли (их называют батолиты), оказались не внедрившимися, а образовавшимися горными породами — они возникли после преобразования осадочных пород. Так подтверждается взаимное влияние косного и живого вещества. Теория геохимических циклов В.И.Вернадского объединила не только отдельные геологические тела, но и целые геосферы. Ведь огромные массы кристаллических пород земной коры оказались «областью былых биосфер».

Итак, в развитии геохимии хорошо прослеживаются два направления, которые в конце концов сливаются в один общий поток. Первое направление, его можно назвать гёттингенским, родилось из кристаллографии. Основным его инструментом стало представление об атоме, его геометрии и структуре, а также пространственном взаимодействии атомов, из которых состоит кристаллическое тело. Основной объект — минерал и все тела, состоящие из минералов.

В основе второго направления, созданного В.И.Вернадским, лежит другой подход, позволяющий измерять и описывать абсолютно все природные объекты. Это распределение составляющих их элементов, в котором отражается специфика самого объекта и история его образования. Здесь объектом исследования может быть любое природное тело: косное и живое, земное и космическое.

И самое главное: сейчас этот инструмент становится рабочим орудием экологического мониторинга и решения экологических проблем. Мониторинг — это только анализ, который, как и в медицине, выявляет отклонения от нормального распределения элементов. Это констатация факта, а не лечение. А методы «лечения» аномальных экологических обстановок предлагают геохимия и биогеохимия. Преимущества последней в более быстрых процессах перераспределения элементов, но в строгом соответствии с законами миграции. Их надо изучать, знать и разумно применять при экологической «терапии» и «хирургии». Принцип «не навреди» из медицины переходит в биогеохимию и экологию.

Настало время объединения разных направлений геохимии. Оно идет очень медленно, поскольку процесс этот еще не вполне осознан. Как только все поймут, что это объединение носит не исключительный, а общий характер, процесс ускорится. Ведь механика Эйнштейна не исключает механику Ньютона, а геометрия Лобачевского — Евклидову геометрию. Просто для решения разных вопросов нужны разные подходы и разные инструменты. Сейчас, когда перед человечеством встают проблемы устойчивого развития цивилизации, геохимия и биогеохимия становятся важнейшими дисциплинами, которые могут помочь отдельным территориям выжить.

Человечество далее не может стихийно строить свою историю, а должно согласовывать ее с законами биосферы, от которой человек неотделим.

В.И.Вернадский

Так кто же такой Владимир Вернадский? Минералог? Геолог? Естествоиспытатель? Историк науки? Минералог, геолог, естествоиспытатель, историк науки, но, может быть, главное — мыслитель, идеи которого намного опередили свое время. Только сейчас они становятся востребованными и помогают нащупать пути гармоничного существования человека и природы.

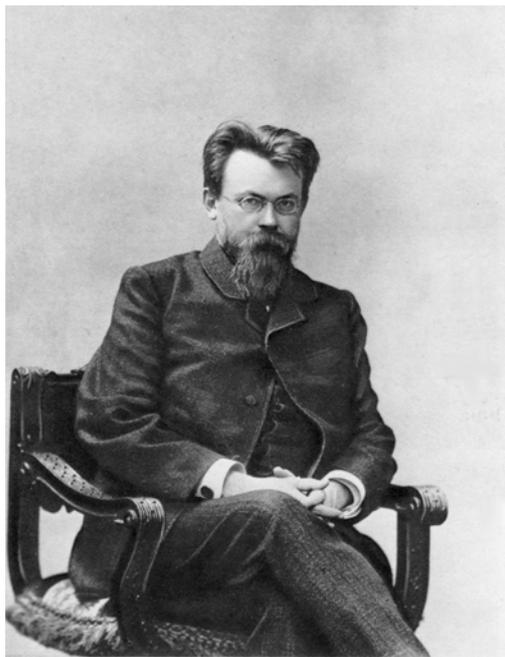
Уже один перечень опубликованных им работ показывает широту интересов Вернадского. Но это не интерес дилетанта. В каждое из направлений он внес новое. Именно их совокупность создает ту неповторимую целостность и новизну, что были свойственны его идеям.

«Десятилетиями, целыми столетиями будут изучаться и углубляться его гениальные идеи, а в трудах его — открываться новые страницы, служащие источником новых исканий; многим исследователям придется учиться его острой, упорной и отчеканенной, всегда гениальной, но трудно понимаемой творческой мысли; молодым поколениям он всегда будет служить учителем в науке и ярким образцом плодотворно прожитой жизни», — так писал о Вернадском академик А.Е.Ферсман. То, что когда-то было «трудно понимаемо», сейчас не только приобретает свой ясный смысл, но и указывает пути научного поиска.

Фундаментальный труд Вернадского «Очерки геохимии» (курс лекций, который он прочитал в Сорбонне) начинается такими словами: «Мы живем на повороте в удивительную эпоху истории человечества. События чрезвычайной важности и глубины совершаются в области человеческой мысли. (...) Никогда в истории человеческой мысли идеи и чувства единого целого, причинной связи всех научно наблюдаемых явлений не имели той глубины, остроты и ясности, какой они достигают сейчас в XX столетии». Позднее, на Международном геологическом конгрессе в 1937 году, он развил эту мысль дальше: «Мы живем в эпоху, когда человечество впервые охватило в бытии планеты всю Землю. Биосфера... перешла в новое состояние — в ноосферу».

Это глубокое ощущение целостности мира во всех его проявлениях — один из базисных постулатов Вернадского, — его взгляда, или методологии, которую на современном научном языке мы назвали бы системной. Его интересовало все. От атома до космоса. Кроме того, он ко всему стремился подойти количественно — с числом и мерой. Иными словами, Владимир Иванович не ограничивался общими рассуждениями, он подчеркивал, что «столь общее и древнее стремление научного



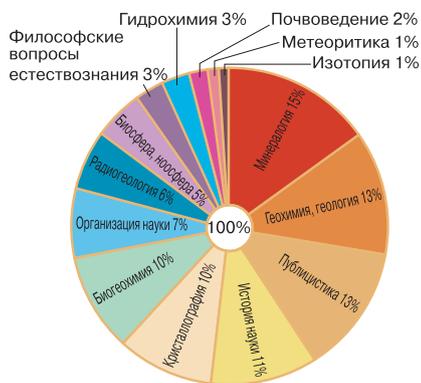


К Ф и ш е р ь  МОСКВА
кузнецкий мостъ

Владимир Иванович Вернадский

миросозерцания выразить все в числах, — искание кругом простых числовых отношений проникло в науку из самого древнего искусства — из музыки... С тех пор искание гармонии (в широком смысле), искание числовых соотношений является основным элементом научной работы».

Восприимчивая природу как единое целое, В.И.Вернадский пришел к новому, системному взгляду на взаимодействие живого и косного (то есть образующегося без участия живых организмов) вещества земной коры. Он утверждал, что не только минеральная среда влияет на развитие организмов, но и организмы в целом определяют формирование горных пород твердой оболочки Земли. Например, появление организмов с кальциевым скелетом положило начало массовому отложению известняков.



Области научных интересов В.И.Вернадского (составила В.С.Неополитанская)

Весь кислород современной атмосферы — биогенного происхождения. Формирование наземного растительного покрова внесло новые принципиальные изменения в биогеохимические циклы. (Сейчас эти постулаты действительно подтвердились.) Анализ системы в целом привел ученого к формулировке нового учения — учения о биосфере.

Проанализировав то, что происходило в биосфере (совокупности живого и косного вещества) в количественном выражении на протяжении всей геологической истории ее развития, Вернадский наметил два фундаментальных принципа, определяющих направление ее развития:

1. Эволюция биосферы идет в сторону постоянного ускорения миграции элементов в биогеохимических циклах.
2. В результате жизни «происходит увеличение действенной энергии», поскольку при превращениях косного вещества энергия рассеивается (второй принцип термодинамики), а в живом веществе она накапливается.

И действительно скорости изменения минералов и горных пород земной коры исчисляются годами, столетиями и еще более длительными отрезками времени. Это видно даже по скорости изменения рельефа. Живые организмы значительно ускоряют обмен веществ между твердой, жидкой и газовой оболочками нашей планеты, что хорошо видно в простейших биогеохимических циклах. Например, еще со школьной скамьи нам знаком круговорот воды в природе. Однако на самом деле в круговорот вовлечены все элементы. Разрушающиеся горные породы образуют осадки. Погружаясь в недра, они уплотняются и превращаются



Расширение научных интересов В.И.Вернадского



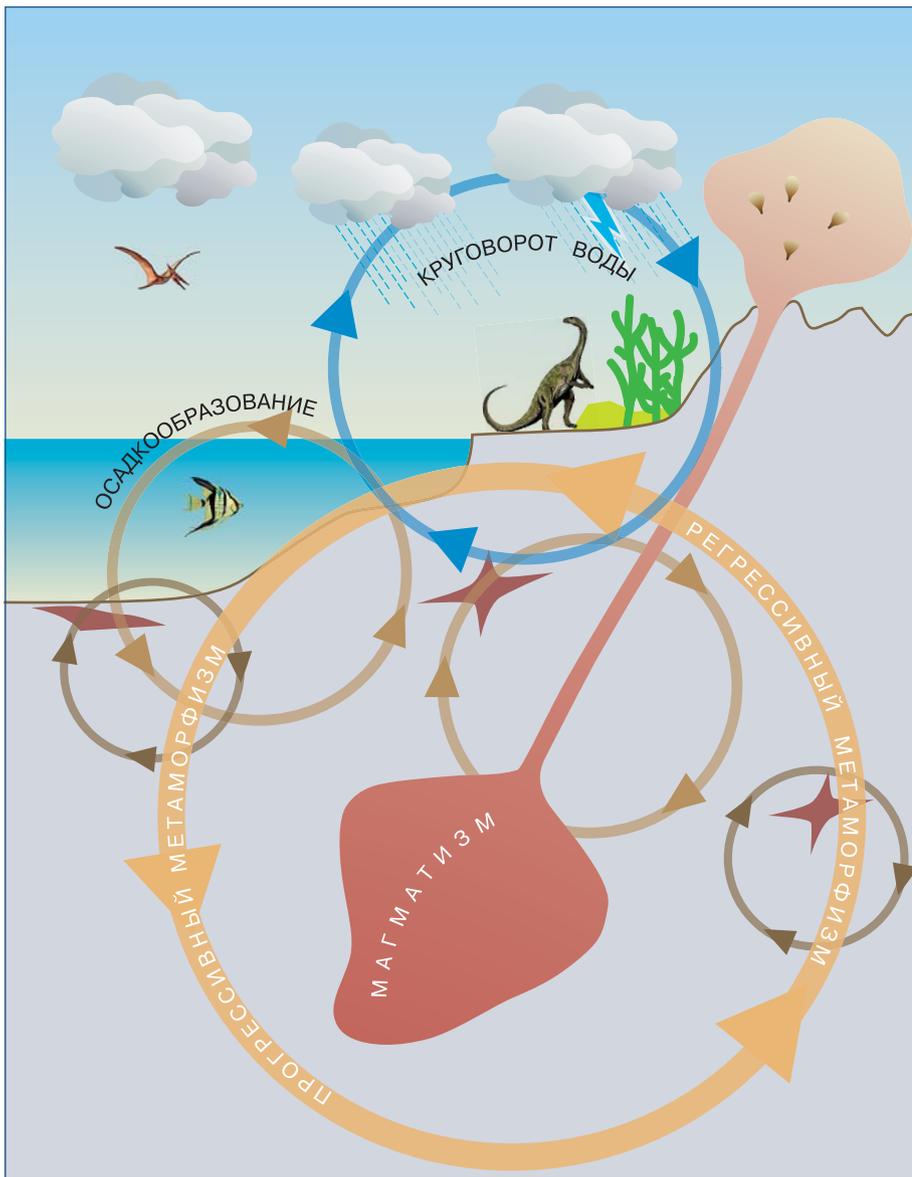
ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

(метаморфизируются) в кристаллические сланцы и гнейсы, а частично расплавляясь — в магмы. При образовании гор превращения идут в обратном направлении (регрессивный метаморфизм).

Вернадский показал, что в реальной природе эти два процесса (в косном и живом веществе) тесно связаны между собой. В результате возникла новая наука — биогеохимия. В своей работе «Два синтеза космоса» он указывал на то, как по-разному анализируют природные явления различные дисциплины. Физика или механика подходят к ним отвлеченно: все сводится к представлениям о телах, энергии, квантах, электронах, силовых линиях, вихрях или корпускулах. Эта абстракция — удобная форма научной работы, но она не охватывает мир полностью, не проникает во все области естествознания. Подобная схема строения мира слишком рационалистична, ее создал человеческий разум в отрыве от многих других природных реалий.

Другой подход — представления натуралиста, которые включают важный элемент «живого», отсутствующий в понятиях физика. Такой подход тоже научен, и он гораздо ближе, понятнее нам и более пригоден для анализа окружающих нас природных явлений. Но и этот метод несовершенен, как и геометрические схемы физиков, хоть в них и меньше абстрактных построений. Второй подход дает нам другие стороны космоса. «В науке нет до сих пор ясного сознания, что явления жизни и явления мертвой природы, взятые с геологической, то есть планетарной точки зрения, являются проявлениями единого процесса», — констатировал Вернадский. Мы не можем и не должны забывать о существовании этих двух несовместимых представлений о природе.

Проанализировав результаты геологических процессов и человеческой деятельности, Вернадский понял, что человек постепенно становится «геологической силой». Многие действия человека и их последствия давно стали соизмеримыми с естественными геологическими явлениями. Достаточно напомнить, что среднегодовое извержение лав на дне океанов и на суше — около 50 км³ и 15 км³, снос твердого материала с поверх-



«Человеческий разум... не является формой энергии, а производит действия, как будто ей отвечающие». И действительно, ставя запруду на реке и подавая воду на лопасти турбины, мы создаем электроэнергию и передаем ее на расстояние. Все это сделал человеческий разум по мере накопления новых знаний, новой информации. Теперь мы бы сказали, что информация не является энергией и не создает энергию, но меняет направление и плотность ее распределения в пространстве и во времени.

Вернадский прекрасно понимал, что научные открытия можно использовать в самых разных целях и это зависит только от людей. «Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до умения использовать эту силу, которую неизбежно должна дать ему наука?»

Ученые не должны закрывать глаза на возможные последствия их научной работы, научного прогресса. Они должны себя чувствовать ответственными за все последствия своих открытий».

Есть древняя притча.

Путник на перекрестке дорог увидел старика и спросил его:

— Далеко ли до Сиракуз?

Старик, недолго думая, ответил:

— Иди.

— Да я тебя спрашиваю: далеко ли до Сиракуз?

— Иди.

Когда он в третий раз услышал тот же ответ, махнул рукой и пошел. И вдруг услышал:

— Через два часа ты будешь в Сиракузах.

— Так что же ты раньше не сказал?

— Мне надо было посмотреть, какой дорогой и с какой скоростью ты пойдешь. Если бы ты пошел не этой, а другой дорогой, я бы сказал: «Ты никогда не придешь в Сиракузы».

Основная заслуга В.И.Вернадского в том, что он указал миру верный путь, по которому мы должны двигаться, чтобы найти гармонию с окружающей нас природой. Никакие политические, экономические и технические подходы к решению экологических проблем не могут дать эффективных результатов без учета законов развития биосферы. Будущее человечества зависит от того, как скоро оно это поймет и примет на себя ответственность за развитие не только общества, но и биосферы в целом.

Биогеохимические циклы

ности суши — около 25 км³. В то же время человек в среднем перемещает за год около 100 км³ материала — это разработка полезных ископаемых, строительные, дорожные и другие подобные работы.

Сложнее, когда человеческая деятельность локализуется на ограниченных территориях. Так, на Курильских островах протяженностью 1200 км 32 вулкана с 1930 по 1963 год извергли 2,6 км³ вулканического материала, или 0,08 км³/год. На месторождениях Кривого Рога (75 км, 7 карьеров, 8 подземных рудников) с 1953 по 1991 год было добыто не менее 2,2 км³ горных пород, или 0,06 км³/год. Величины близкие, но пространства разные.

Совершенно ясно, что «человек далее не может стихийно строить свою историю, а должен согласовать ее с законами биосферы, от которой он неотделим». Это фундаментальный закон, который формулирует Владимир

Иванович. Как логическое его продолжение, он вводит понятие «ноосфера» и дает ее основные характеристики. Ноосфера — этап эволюции биосферы, когда оно становится геологической силой. То есть разумная человеческая деятельность, оказывающая глубокое воздействие на природные процессы, определяет все развитие общества. «Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней ... человек ... может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности. И может быть, поколение наших внуков уже приблизится к их расцвету», — писал Вернадский в своей статье «Биосфера и ноосфера».

В его рабочих материалах к фундаментальному труду «Научная мысль как планетное явление», вышедшему уже после его кончины, мы находим такие записи:



Горящие горы

Это чудо природы можно наблюдать в предгорьях Урала, на горе Янгантау (в переводе с башкирского означает «горящая гора»), в Азербайджане на священной горе Янардаг (что тоже переводится как «горящая гора»), на горе Янарташ недалеко от Кемера (по-турецки — «горящий камень»). На самом деле горит, конечно, не камень — как правило, загорается природный газ метан, который по трещинам прорывается на поверхность. В Башкирии на горе Янгантау механизм немного другой — там подземные воды карстовых и битумных пластов отдают растворенные в них горючие газы (почти все летучие углеводороды, сероводород, полисульфиды и др.), и это продолжается более 250 лет. Когда-то наблюдалось и активное горение — остались свидетельства, что, если бросить в расщелину, из которой выходят горючие газы, щепку, она тут же воспламенялась. Сейчас активного горения нет, но известный одноименный курорт по-прежнему использует газы подземных горячих источников для лечения заболеваний.

Однако у горения гор может быть и совершенно иная причина: разложение самого распространенного в земной коре сульфида — пирита (железного колчедана FeS_2). По той же самой причине горят терриконы — отвалы пустых пород, которые достают из недр при различных выработках. Из-за разложения пирита окисляется и крутой берег реки Юрюзани недалеко от Янгантау, возле деревни Мечетлино (красные зоны на рисунке — зоны окисления, которые потом могут перейти в горение).

Берег в этом месте Салаватского района Башкирии сложен в основном битумными пластами. Они стоят вертикально, а не горизонтально, как обычно, поскольку когда-то два пласта столкнулись и поменяли свое положение. Вертикальное положение битумных пластов способствует поступлению влаги и воздуха, а поскольку в них всегда много серобактерий, которые «питаются» пиритом битумных пластов, то при благоприятных условиях они начинают интенсивно размножаться.

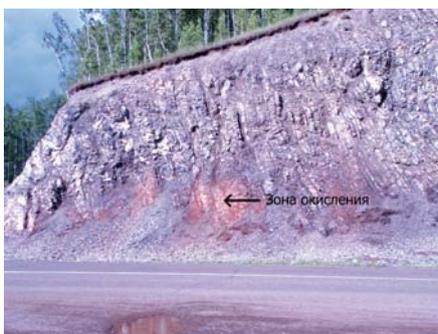
Процесс бактериального окислительного выщелачивания пирита включает две тесно связанные и параллельно протекающие стадии: окисление минерала до оксида железа, серы и оксидов серы



ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

и окисление образующихся при этом веществ (горение). Все эти реакции протекают самопроизвольно и с большим выделением тепла — иными словами, происходит самонагревание породы. Тионовые бактерии (те, которые питаются серой) только запускают процесс, а дальше температура интенсивно повышается, сера кипит, выделяется пар, и биохимический процесс сменяется химическим. Когда породы прогреваются до $248\text{--}261^\circ\text{C}$, пары серы сами воспламеняются на воздухе, от этого загорается выделяющийся из породы метан, и если есть его постоянный источник, то гора горит долго.

Примерно так же загораются терриконы. Окислительное выщелачивание пирита, содержащегося в углях и глинистых породах, превращает отвал в химический реактор: температура повышается, происходит самовозгорание серы, а за ней и остальной органики — метана, продуктов термической деструкции и газификации горной породы. В лаборатории Донецкого медицинского института поставили интересный опыт: шахтную воду и уголь соединили, за этой смесью наблюдали в микроскоп и измеряли ее температуру. Внешне смесь никак не менялась, зато внутри кипела бурная жизнь. Под воздействием бактерий минерал пирит, окисляясь, дает серную кислоту и двухвалентное железо. Часть серы остается в виде коллоидного раствора бурого цвета



и под влиянием бактерий начинает нагреваться, после чего процесс, как уже сказано, из биохимического становится химическим. Приспосабливаясь к теплу, изменяются и бактерии (под микроскопом видно, что они меняют форму).

Горение терриконов — проблема всех шахтерских городов, требующая огромных затрат. Высота терриконов достигает $50\text{--}70$ метров, объем каждого из них — примерно миллион кубометров. В рыхлых терриконах много органических веществ, туда постоянно поступают воздух и вода, поэтому еще во время отсыпки отвала углесодержащая масса во многих местах разогревается и самовозгорается из-за естественного окисления органических веществ. Тление отвала продолжается десятки лет, причем в атмосферу выделяется около двух десятков вредных веществ: оксид углерода, углекислый газ, сернистый газ, серный ангидрид, сероводород, оксиды азота, серная кислота, аммиак, цианиды, тиоцианиды... Только на территории украинского Донбасса около 1100 отвалов, в которых складировано более 1 млрд. м^3 породы.

Как только не пытаются тушить эти возгорания! Обычно тушат водой, но для терриконов это не годится. Чем больше воды, тем лучше они горят. Между тем начальную стадию их самонагрева можно предотвратить, увеличив pH среды, то есть кислую среду изменить на щелочную. Тогда свяжутся образующиеся серная кислота и оксиды серы и химического реактора не получится. Для этого в воду добавляют гидроксиды, карбонаты натрия и калия, известь.

В любом случае, каковы бы ни были причины горения гор в разных концах света, чуда в этом никакого нет — одна чистая химия.

Кандидат биологических наук
Р.М.Харасов

Кварц с белой полосой

Кварц, диоксид кремния SiO_2 , — один из самых распространенных на Земле минералов. Он вездесущ: это кристаллы и кристаллические зерна, входящие в состав горных пород; это кварцевый песок, который можно обнаружить повсюду; халцедон и агат — тоже кварц. Даже в наших домах хватает кварца: его частички — абразивная составная часть домашней пыли. Поэтому сережки, кольца, браслеты делают только из камней, не уступающих по твердости кварцу.

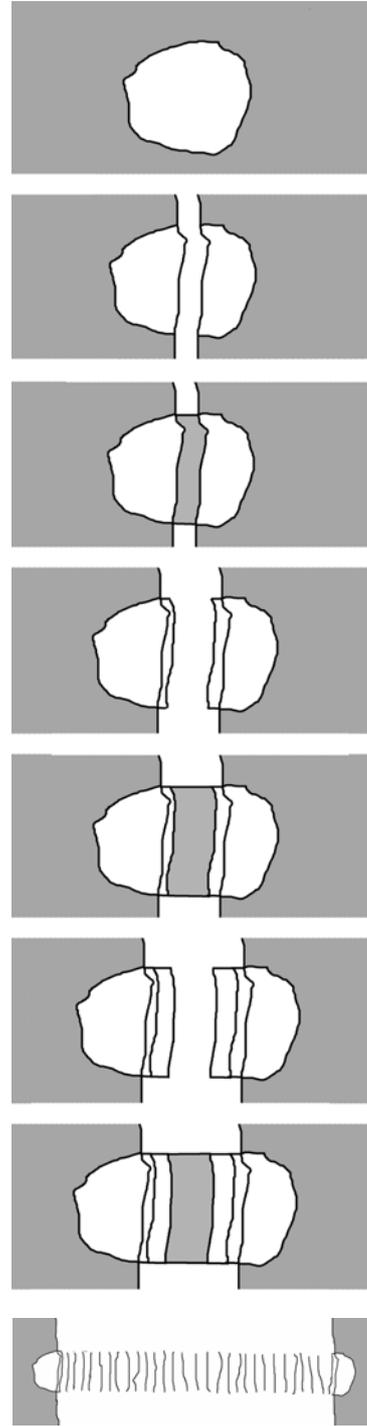
Это еще и весьма красивый минерал. Кристаллы и друзы горного хрусталя, аметиста и других цветных разновидностей кварца — неременное украшение минералогических коллекций и музеев. Кварцу посвящены сотни, если не тысячи, научных исследований, и некоторые его загадки разгаданы совсем недавно. В их числе «кварц с белой полосой» — туманно-белой дорожкой шириной 1–10 мм, проложенной (расположенной) внутри кристалла на всем его протяжении (фото 1).

В мировой научной литературе эта полоса носит название «фаден», а сам кристалл называется «фаден-кварц» (от немецкого Faden — «нить», «волокно»). Как правило, образцы фаден-кварца бесцветные или слегка желтоватые и имеют весьма разнообразную, большей частью уплощенную форму (фото 2), мало похожую на привычные шестигранные кристаллические кварца. Среди этих форм природного ограничения, словно прочерченных по линейке, размытая белая полоска расположена, казалось бы, совершенно произвольно. Долгое время фаден воспринимали как случайную отметину, заслуживающую внимания коллекционера подобно неправильно отчеканенной монете в сравнении нумизмата.



На самом деле белая полоса имеет для фаден-кварца особое значение. Это «скелет» кристалла, транслирующий ему параметры структуры, затравка, матрица. Будучи опознавательным признаком фаден-кварца, белая полоса стала ключом к интриге его происхождения, а заодно и свидетельством того, что происходило в месте его находки миллионы лет назад.

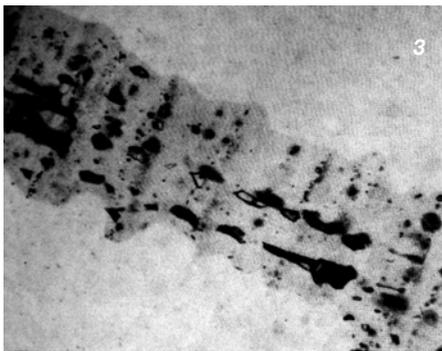
Фаден-кварцы встречаются в так называемых жилах альпийского типа — трещинах горных пород, возникающих при грандиозных геологических событиях — столкновениях дрейфующих континентов, землетрясениях, процессах образования гор. Порода находится при этом в состоянии сильнейшего сжатия. Если образуется трещина, то в ее зазоре давление оказывается несколько ниже, и туда устремляются горячие растворы, несущие компоненты минералов породы. Вследствие понижения давления растворимость снижается, растворы оказываются пересыщенными и сбрасывают избыток вещества на стенки трещины в виде кристаллов минералов. Затравками служат зерна этих же минералов, содержащиеся в породе и обнажающиеся в трещине. Поскольку давление понижено здесь лишь ненамного, пересыщение невелико и кристаллизация идет медленно, а это способствует образованию совершенных кристаллов. Из жил альпийского типа происходят лучшие, особо ценные коллекционерами образцы.



1
Образование фадена: циклы «разрыв-залечивание»

Жилы альпийского типа имеются во многих местах, в том числе в Швейцарских Альпах, на Приполярном Урале, во Франции, США, Канаде, на северо-западе Пакистана. До недавнего времени они служили важными источниками лучших сортов пьезокварцевого сырья и потеряли экономическое значение лишь с развитием промышленного производства высококачественного искусственного пьезокварца. Что касается кристаллов фаден-кварца, то они по-прежнему популярны у коллекционеров. Загадочный фаден-кварц оказался и ходким товаром, предлагаемым приверженцам моды на «эзотерические» свойства камней. Ему приписывают магические качества и ре-





кламируют как камень-искатель, наделяющий своего обладателя способностью к телепатии, разгадыванию секретов, предсказанию будущего и т. п.

Как образуются кристаллы кварца с белой полосой? Раньше считалось, что они вырастают на подложке из другого минерала, реликтом которого считали фаден. Но оказалось, что и он тоже состоит из кварца, и вопрос остался открытым. Как со временем стало ясно, неудачи были связаны с тем, что кристаллизация в трещине рассматривалась отдельно от эволюции самой трещины, как будто природа сначала ее подготовила и лишь после этого использовала в качестве кристаллизатора. В действительности оба процесса идут одновременно, образование и раскрытие трещины влияют на формирование растущих в ней кристаллов.

Честь решения загадки кварца с белой полосой принадлежит известному советскому кристаллографу Георгию Глебовичу Леммлейну (1901—1962), изучавшему месторождения кварца на Приполярном Урале. В 1946 году он опубликовал собственную версию образования фаден-кварца в процессе раскрытия трещины. За пределами Советского Союза статья Леммлейна стала известна лишь четверть века спустя, когда в 1972 году ее напечатали на немецком языке в швейцарском журнале для коллекционеров минералов и назвали «корректной и в основном полной интерпретацией происхождения фаден-кварца». Проблема оказалась весьма интересной, она и по сей день привлекает внимание ученых.

Форма фадена весьма зависит от сдвигов и поворотов стенок трещины относительно друг друга. По свидетельству Г.Г.Леммлейна, на Приполярном Урале

стенки иногда «растаскивались» на несколько метров.

Образование кристалла фаден-кварца происходит в две стадии. Сначала трещина раскрывается постепенно, скачками с амплитудой в сотые и десятые доли миллиметра, причем раскрытие нередко сопровождается сдвигом одной стенки относительно другой и смещениями другого рода. Затем скорость раскрытия возрастает, и процесс может завершиться рывком.

Первая стадия связана с начальным этапом медленного раскрытия трещины. Возникнув, она разрывает заключенные в породе зерна кварца, оказавшиеся на ее пути (рис. 1). Поровые растворы, заполнившие зазор, тут же принимаются за лечение разрывов. Между обеими частями зерна возникает мостик, который соединяет обе части зерна кварцевой перемычкой с захваченными в ходе залечивания каплями раствора и пузырьками газов, выделившимися из-за понижения давления. Важно отметить, что нарастающее кварцевое вещество, продолжая кристаллическую структуру зерна, наследует его кристаллографическую ориентировку в окружающей среде.

Если бы такое положение сохранялось достаточно долго, разрывы в конце концов заросли бы и соединили стенки трещины. Однако трещина продолжает раскрываться, перемычка вновь разрывается и вновь залечивается. Циклы «разрыв-залечивание» повторяются снова и снова. Все это время в отложившемся кристаллизующегося вещества преимущество имеет лечение разрывов. В результате образуется шлейф залеченных шрамов и включений — это и есть фаден, белая полоса. Под микроскопом видно, что она состоит из поперечных

полос — залеченных (регенерированных) шрамов, связующего кварцевого вещества и включений раствора и пузырьков газов (фото 3).

Цикл «разрыв-залечивание» может повторяться до тех пор, пока перемычки успевают закрывать разрывы. Иными словами, пока трещина раскрывается медленнее, чем растут залечивающие кристаллы, циклы продолжаются, и на месте первоначального разрыва зерна развивается фаден (рис. 1, внизу). Это первая стадия.

Со временем скорость раскрытия трещины возрастает, и, когда она превысит скорость кристаллизации, раствор уже не успевает залечить очередной разрыв. Залечивающий мостик в месте разрыва иногда все же успевает возникнуть, но разрывается. Рост фадена на этом прекращается, однако оборванный конец залечивается. А на будущем фаден-кристалле появится продолжение фадена, выступающее из кристалла в виде шипа (фото 4).

Теперь фаден оказывается в роли затравки, окруженной питающим раствором, и начинает спокойно обрастать телом кристалла. Это вторая стадия образования фаден-кварца. В ходе ее фаден транслирует нарастающему на него кристаллу ориентировку исходного зерна — направления кристаллографических осей. Важнейшая из них в этом процессе — ось *c*, которая в «нормальном» кристалле кварца служит его продольной осью. Важна она потому, что указывает направление преимущественного роста. Поскольку залечивание каждого разрыва идет преимущественно в этом направлении, фаден приобретает уплощенную форму, которая наследуется нарастающим кристаллом.

Таким образом, облик кристалла фаден-кварца можно предсказать, зная форму фадена и направление оси *c*. Если, например, раскрытие трещины не сопровождалось другими смещениями стенок, а ось *c* направлена вдоль фадена, получается кристалл обычной формы, отличающийся от собратьев наличием белой полосы (рис. 2а). Впрочем, кристаллы этого типа крайне редки — вероятность точного совпадения благоприятных ориентировок кварцевого зерна и фадена исчезающе мала.

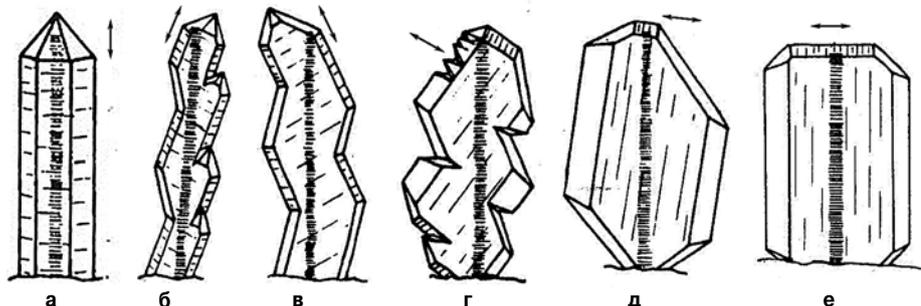
Примеры обликов, которые могут приобрести кристаллы фаден-кварца при иной кристаллографической ориентировке зерна, показаны на рис. 2 (б—е). Характерные искажения можно проследить на реальных образцах (фото 1, 2).

Кварц с белой полосой — летописец очень давних времен. По его виду и характеру полосы фадена можно судить о том, как двигались горы и породы миллионы лет назад.

Кандидат технических наук

Б.З.Кантор

2
Облик фаден-кварца. Стрелками указана ось *c*





Королевские мраморные гепарды (справа) настолько отличаются от обычных пятнистых, что их даже когда-то выделяли в отдельный вид. А это просто мутантные особи

Гены красят кошку

Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник

Кошки — существа загадочные. Нельзя с уверенностью сказать, что мы знаем о них, а что нет. Вот, например, окраска. Ее генетику биологи исследовали не одно десятилетие, полученные данные сложились в четкую картину, которая не менялась много лет и нуждалась разве что в небольшом уточнении. И вот это самое уточнение в корне изменило представление ученых о генетической природе кошачьей полосатости.

Начнем, пожалуй, с небольшого экскурса в классическое котоведение. У многих кошек на шкурке есть рисунок — тэбби. Иногда его называют «табби», но «тэбби» ближе к английской транскрипции (tabby). Окраска тэбби представляет собой темный узор на более светлом фоне. Существуют три основных варианта рисунка: полосатый, мраморный и пятнистый (рис. 1).

У полосатых кошек узкие вертикальные полосы образуют регулярный узор, напоминающий полосы тигра. Его так и называют — тигровый, но более распространено название «макрель» (в честь полосатой рыбы скумбрии). У мраморных кошек шкурка в разводах. У пятнистых она испещрена круглыми или овальными пятнами, четко отделенными друг от друга, а вдоль спины до кончика хвоста тянется полоска, которая в идеале тоже состоит из пятнышек. Темные участки меха образованы темными волосами, светлые — светлыми. Есть еще однотонные кошки без полос и пятен, каждая их шерстинка имеет две или три поперечные полоски разного цвета, по-английски ticking. Поэтому таких кошек называют тиккированными, а также абиссинскими (этот окрас характерен для кошек абиссинской породы) и агути. Около ста лет назад генетик из Пенсильвании Финейс Уайтинг заметил,

что окраска агути доминирует над полосами и мраморным узором, в то время как «мрамор» рецессивен по отношению к полосам и пятнам. Он предположил, что за рисунок тэбби отвечает один ген *Tabby*, имеющий четыре аллеля, которые располагаются в порядке доминирования следующим образом: агути (T^A) > пятнистая (T^S) > макрель (T^M) > мраморная (t^b).

Старые генотипы по Ф.Уайтингу

$T^A T^A$
 $T^A T^S$
 $T^A T^M$
 $T^A t^b$



$T^S T^S$
 $T^S T^M$
 $T^S t^b$



$T^M T^M$
 $T^M t^b$



$t^b t^b$



Новые генотипы по С. О'Брайену с соавторами

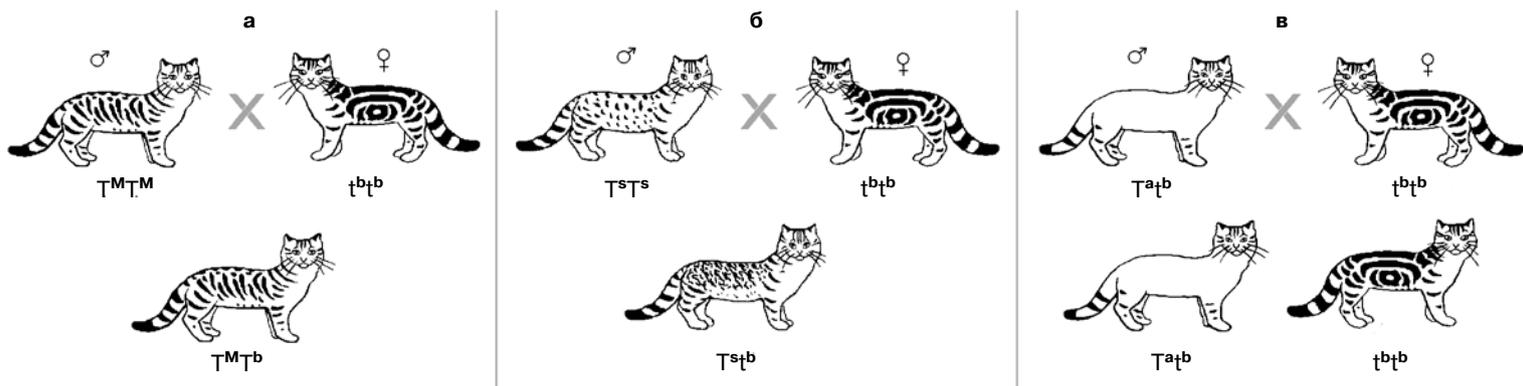
$Ti^A Ti^A Ta$ – любой
 $Ti^A Ti^+$

$Ti^+ Ti^+$ $Ta^M Ta^M$ + ген-модификатор
 $Ta^M Ta^b$

$Ti^+ Ti^+$ $Ta^M Ta^M$
 $Ta^M Ta^b$

$Ti^+ Ti^+$ $Ta^b Ta^b$

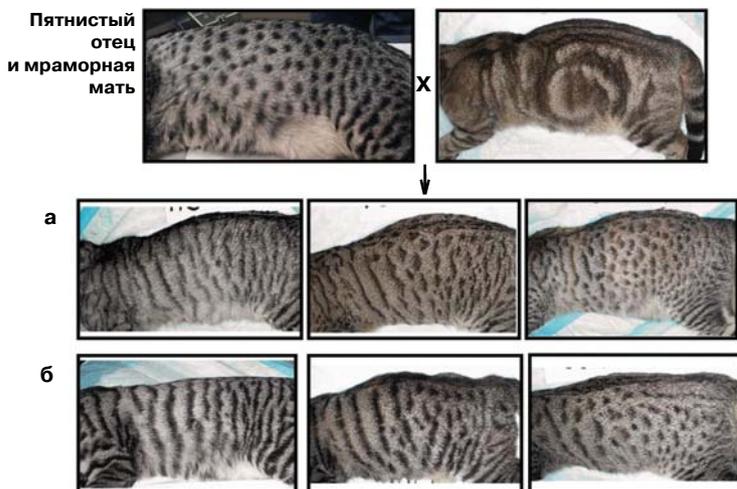
1 Кошки бывают без узора (абиссинская окраска, агути, она же тиккированная), пятнистые, полосатые и мраморные



2

Скрещивания, поставленные сотрудниками Стефана О'Брайена. Все потомки полосатого кота и мраморной кошки полосатые (а). Дети пятнистого кота и мраморной кошки должны быть пятнистыми, как отец, но у них на шкурке рисунок из коротких разорванных полосок (б). Тиккированный кот гетерозиготен по T^a , поэтому у него полоски на лапах и хвосте. У половины его потомков от мраморной кошки нет узора, как и должно быть, но аллель T^a тут ни при чем (в). Генотипы на рисунке указаны старые

Судя по некоторым признакам, самая старая окраска тэбби — полосатая. Во всяком случае, на средневековых рисунках изображены в основном кошки макрель. Позже появились пятнистые, эту окраску как типичную для домашних котов описал в 1758 году Карл Линней. В середине XX века британский генетик Энтони Сирл сравнил черты кошачьих популяций в разных частях мира, где он бывал по своим профессорским делам. Он отметил, что в Лондоне мраморные и полосатые кошки встречаются с равной частотой, но агути крайне редки, в то время как в Малайе и Сингапуре он видел в равных количествах агути и полосатых кошек, но очень мало мраморных. Сирл решил, что, поскольку полосатые кошки есть везде, их предки имели тигровую окраску, а тиккированные и мраморные возникли после одомашнивания в разных частях мира. С другой стороны, предполагаемые дикие предки домашних кошек, лесной кот *Felis silvestris* и африканский дикий кот *Felis lybica*, оба пятнистые. В пятнах и одна из древнейших пород, которой, судя по изображениям, не меньше 3000 лет — египетский мау. Так что в этом вопросе ясности пока нет. Но если бы только в этом!



3

У потомков пятнистого кота и мраморной кошки на шкурке рисунок из разорванных полосок (а). При скрещивании рвано-полосатых гибридов с мраморными животными получается равное соотношение мраморных и немраморных котят, причем расцветка немраморных варьирует от полностью полосатых до абсолютно пятнистых (б)

НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Итак, генетики знали, что существует ген *Tabby*, но не знали, где он расположен и какой белок кодирует. В 2010 году за решение этой задачи взялись американские исследователи под руководством Стефана О'Брайена, заведующего Лабораторией геномного разнообразия Национальной лаборатории исследования рака, профессора двенадцати университетов. В настоящее время он по приглашению российской государственной организации на средства мегагранта Центр геномной биоинформатики им. Ф.Г.Добрянского в СПбГУ. Когда ученые опубликовали результаты своих исследований («Genetics», 2010, 184, 267—275; doi: 10.1534/genetics.109.109629), рухнуло вековое представление о моногенном наследовании тэбби.

Чтобы картировать ген, нужно ставить скрещивания. Ученые работали с животными, имеющими известные маркерные гены, в том числе с кошачьим поголовьем, которое содержит компания «Нестле Пурина» для испытания кормов. Исследователи скрещивали полосатых и пятнистых котов с мраморными кошками. Все животные были заведомо гомозиготными, то есть имели одинаковые аллели *Tabby*.

Результат первого скрещивания оказался вполне традиционным. Все потомство полосатых котов $T^M T^M$ и мраморных кошек $t^b t^b$ должно иметь генотип $T^M t^b$ и полоски. Котят действительно уродились полосатыми (рис. 2а)

А дальше начались сюрпризы. От скрещивания пятнистого кота $T^S T^S$ (чистопородный египетский мау) и трех мраморных кошек $t^b t^b$ ученые ожидали пятнистых потомков $T^S t^b$. Но среди семи котят не оказалось ни одного пятнистого, отметины на их шкурках представляли собой короткие, «ломаные» полоски (рис. 2б, 3а). Когда эти странные котята подросли, исследователи скрестили их с мраморными животными. Из тридцати пяти потомков 19 имели мраморную окраску, а 16 — различные варианты от пятнистой до полосатой (рис. 3б). При моногенном наследовании таких результатов быть не может.

В третьем эксперименте исследователи скрестили абиссинских гетерозиготных котов $T^a t^b$ с мраморными ($t^b t^b$) или полосатыми ($T^M T^M$) гомозиготными кошками. При моногенном наследовании и доминировании аллеля T^a половина котят должна иметь тиккированный окрас, так и получилась (рис. 2в). Однако к тому времени исследователи уже выяснили, что ген *Tabby* располагается на определенной участке кошачьей хромосомы А1, и установили генетические маркеры, тесно связанные с разными аллелями *Tabby*. Проанализировав последовательности ДНК тиккированных котят с помощью этих маркеров, ученые обнаружили, что T^a на самом деле не имеет к *Tabby* никакого отношения. Например, в геноме животного присутствуют два аллеля t^b , а шкурка у него не мраморная, а однотонная.

Посмотрите еще раз на рисунок 1. Исследователи предположили, что генов, определяющих рисунок тэбби или его отсутствие, по крайней мере три. Локус *Tabby*, для которого ввели новое сокращение, T_a , отвечает за тип рисунка, и

аллель Ta^M (полоски) доминирует над Ta^b (мрамор). Второй ген модифицирует действие *Tabby*. Благодаря его работе полоски и разводы на кошачьей шубке превращаются в элегантные пятна. Авторы работы не исключают, что модификаторов может быть несколько. И наконец, третий ген, названный *Ticked*, определяет наличие или отсутствие рисунка, причем Ti^A (без рисунка, *absence*) доминирует над аллелем Ti^+ (с рисунком). Кошки $Ti^A Ti^A$ не имеют узора, каковы бы ни были аллели *Tabby*, у животных $Ti^A Ti^+$ полосатые лапы и хвост, а тело с совсем бледными полосками или вообще без них. Генотип $Ti^+ Ti^+$ не влияет на проявление узора тэбби. Исследователи локализовали *Ticked* на хромосоме В1 (кошачьи хромосомы имеют и номера, и буквенные обозначения, В1 — четвертая) и временно оставили в покое, сосредоточившись на генах, которые определяют тэбби. На этом этапе к группе профессора О'Брайена присоединились генетики Стэндфордского университета под руководством Грегори Барша. Работа, опубликованная в «Science» (2012, 337, 1536—1541; doi: 10.1126/science.1220893), позволила ответить на некоторые вопросы.

Прежде всего исследователи идентифицировали ген, отвечающий за регулярность рисунка. Он кодирует фермент трансмембранную аминопептидазу Q (*Transmembrane Aminopeptidase Q*) и потому получил новое название, не *Tabby*, а *Taqper*. Ученые также картировали две точечные рецессивные мутации, которые превращают Ta^M в Ta^b и регулярные полосы в нерегулярные разводы. Все обследованные мраморные коты, а их было 58, оказались гомозиготны по одной из этих мутаций. Полосатые животные имели генотипы $Ta^M Ta^M$ или $Ta^M Ta^b$. Оказалось, что одна из мутаций, обеспечивающих мраморную окраску, с очень высокой частотой встречается у однотонных котов Абиссинии, Бирмы и Гималаев, но аллель Ti^A гена *Ticked* маскирует у этих животных любой узор. В гене *Taqper* есть и другие рецессивные мутации, которые вызывают у домашних кошек пятнистость, но довольно нетипичную (рис. 4). Похожий рисунок имеет черноногий кот (*Felis nigripes*). Возможно, своими пятнами он обязан той самой мутации.

Исследования *Taqper* помогли прояснить ситуацию с узором на шкуре другой дикой кошки — гепарда *Acinonyx jubatus*. Подавляющее большинство гепардов пятнистые, а вот на небольшой территории близ Сахары живут королевские гепарды. Их пятна много крупнее, чем у обычных животных, а на спине появляются продольные черные полосы (см. фото в начале статьи). Одно время королевских гепардов даже выделяли в отдельный вид, но позже определили как мутантных особей. Исследователи нашли в гене *Taqper* мутацию, превращающую обычных гепардов в королевских. У животных стандартного окраса, пойманных в Намибии, Танзании или Кении, мутантный аллель не обнаружен.



4 Черноногий кот *Felis nigripes*. У него такие же пятна, как у типично пятнистых домашних кошек. Может, и мутация у них одинаковая?

Итак, большинство отклонений от регулярной окраски (мраморные разводы и некоторые виды пятен) вызваны мутациями в гене *Taqper*. Он начинает работать еще в эмбриональной коже. Первый признак окраски тэбби проявляется у семинедельных кошачьих эмбрионов, когда у них развиваются волосяные фолликулы и над поверхностью эпидермиса пробиваются волоски. На этой стадии темные и светлые элементы окраски тэбби четко видны, но различаются они только соотношением пигментов. Окраску шерсти определяют черно-коричневый эумеланин и желтый феомеланин. Они синтезируются в специальных клетках, меланоцитах, которые находятся в волосяной луковице и оттуда распределяются вдоль волоса. Плотность и архитектура волосных фолликулов, а также количество меланоцитов в темных и светлых зонах кошачьих эмбрионов одинаковы, просто в темной меланоциты синтезируют больше эумеланина. У гепардов черные и желтые участки также не отличаются по количеству пигментных клеток и плотности волосных фолликулов. Очевидно, окраска тэбби возникает не из-за разницы в типах клеток, а потому что клетки в разных зонах синтезируют разные белки. Стало быть, надо разбираться, что это за белки.

Исследователи взяли пробы кожи гепарда из черной и желтой областей и определили активность 14 014 различных генов. Оказалось, что в черной области по сравнению с желтой увеличена активность 60 генов, семь из которых работают только в меланоцитах, причем четыре стимулируют синтез эумеланина, а еще один, *Edn3*, кодирует паракринный гормон эндотелин, который, в частности, способствует делению и дифференцировке меланоцитов. Ученые предположили, что эндотелин регулирует синтез пигмента в светлых и темных областях.

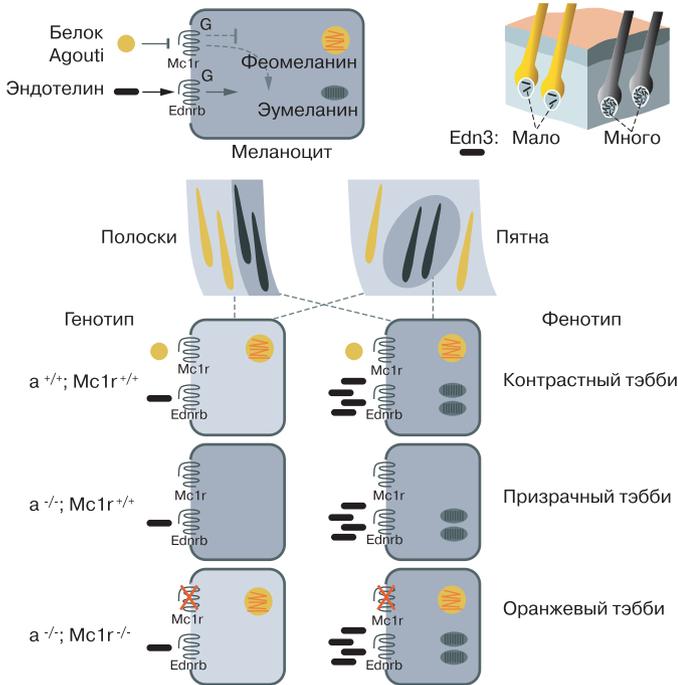
Это предположение проверили на мышах — классическом объекте для исследования работы пигментных клеток. Есть такая линия A^Y — меланоциты этих мышей синтезируют только феомеланин, и шкурка у них желтого цвета. Но трансгенные животные, которым ввели *Edn3*, потемнели, их шерсть приобрела темно-коричневый цвет, а в меланоцитах усиленно заработали те же специфические гены, вызывающие синтез эумеланина, что и в черных областях кожи гепардов (рис. 5). Следовательно, эндотелин действительно регулирует синтез пигмента. Однако эту же функцию выполняет и другой белок, *Agouti*. (К гену *Ticked* он не имеет никакого отношения и обнаружен задолго до того, как исследователи узнали о существовании этого гена.)

Согласно классическим представлениям, в формировании окраски волоса участвует агутин-меланокортиновая рецепторная система. На мембране меланоцита находится клеточный рецептор меланокортина (*Mс1r*), который обеспечивает синтез преимущественно эумеланина. Мутация по гену *Mс1r* всегда приводит к синтезу феомеланина и желтизне. Работу рецептора регулирует белок *Agouti*, сигнальная молекула, выделяемая кожными железами. Когда она связывается с *Mс1r*, меланоциты синтезируют феомеланин, волос получается желтый. Если синтез *Agouti* или его действие во время роста и регенерации волос подавлены, клетки синтезируют эумеланин и вырастает темная шерсть. В соответствии с этой гипотезой, темные полосы тэбби представляют собой участки, на которых *Agouti* по каким-то причинам не взаимодействует с меланокортиновым рецептором.

Когда исследователи обнаружили эндотелин, они скорректировали эту схему и предложили механизм взаимодействия *Agouti* и эндотелина. *Agouti* взаимодействует с рецептором *Mс1r*, а эндотелин — с другим рецептором меланоцитов, *Ednrb*. Оба они принадлежат к знаменитому семейству рецепторов, сопряженных с G-белком, за исследования которых была присуждена Нобелевская премия по химии 2012 года (см. «Химию и жизнь», 2012, № 11). Регулируя синтез пигмента, они используют один и тот же белок-посредник G и



5
Под действием гена *Edn3* шкурка желтой мыши (слева) превращается в коричневую (справа)



6
Взаимодействие эндотелина и белка *Agouti* регулирует синтез пигментов в меланоцитах (а). Сочетания аллелей *Agouti* и меланокортина (а, *Mc1r*) образуют различные узоры на кошачьей шкуре (б)

конкурируют за него. Когда эндотелина много, его рецептор *Ednrb* перетягивает белок G к себе и в результате возрастает активность генов, стимулирующих синтез черного пигмента (рис. 6а). При недостатке *Edn3* основная часть белка G достается меланокортиновому рецептору, и растет желтый волос.

Рыжую окраску у кошек определяют и другие гены, один из самых известных — *Orange*, локализованный в половой X-хромосоме (см. «Химию и жизнь», 2010, № 7). Продукты этого гена подавляют синтез эумеланина. Но генетика окраски и взаимодействие множества участвующих генов — отдельная тема.



7
«Призрачный» тэбби (сверху) и рыжий тэбби

$Ti^{+}Ti^{+}$
 $Ta^{M}Ta^{M}$
 $a^{-/-} Mc1r^{+/-}$



$Ti^{+}Ti^{+}$
 $Ta^{M}Ta^{M}$
 $a^{-/-} Mc1r^{-/-}$



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Исследователи также объяснили механизм образования нескольких типов кошачьей окраски взаимодействием генов *Agouti* и *Mc1r* (рис. 6 б). Если *Agouti* не функционален, гены, стимулирующие синтез эумеланина, всегда работают на полную мощность, светлых областей на шкурке нет, она темная, и узор на этом фоне едва угадывается. Такая окраска называется «призрачный» тэбби. Очень красивы двойные мутанты по генам *Agouti* и *Mc1r*. В этом случае ничто не препятствует синтезу феомеланина даже в темных участках, и получается рыжий, или янтарный тэбби — темно-рыжий узор на нежно-оранжевом фоне (рис. 7). Ученые полагают, что взаимодействие эндотелинового и меланокортинового путей может объяснить и более сложные фенотипы, в том числе пятна и полосы разного цвета и разную окраску живота и спины, как у леопардов, ягуаров и тигров.

И почему, спрашивается, генетиков так влечет к кошкам? Причин несколько. Знание генетики окраски помогает успешной селекции, а разведение и создание новых пород кошек — очень прибыльное занятие. Кроме того, в ходе этой селекции специалисты в который раз убеждаются, что гены окраски влияют и на поведение животного. Вот, например, в 80-х годах прошлого века американцы начали выведение новой породы домашних кошек — тойгер (игрушечный тигр). Это рыжий зверь с черными полосами, похожий на тигра, но размером с кота. Расположение отметин у тойгера несколько иное, чем у обычной полосатой кошки, и поведение нетипичное — мини-тигры очень любят купаться.

И вообще, мы же хотим все знать, а домашние кошки представляют собой уникальную модель для исследования генетики отметин на шкурке. Периодический рисунок на окрашенном фоне встречается у самых разных видов млекопитающих: бурундук полосатый, жираф сетчатый, гиена пятнистая, у лемуров на хвосте полосы, у кошачьих — пятна и полосы. А зебра, зебру не забудьте! Обычно биологию пигментных клеток исследуют на лабораторных мышах, но, увы, среди них нет полосатых и пятнистых линий. Есть, правда, полосатая африканская мышь *Rhabdomys pumilio*, близкая родственница лабораторных мышей. У нее действительно четкие продольные полосы на спинке, но для генетических исследований она не годится, поскольку совсем не изучена и не приспособлена к жизни в виварии. Поэтому биологи работают с кошками, не без удовольствия, надо сказать.

Очень возможно, что у всех видов млекопитающих, имеющих разводы и полосы, действует тот же двухступенчатый механизм формирования окраски тэбби, который генетики предложили для домашней кошки. На первом этапе, еще в ходе эмбрионального развития, *Taqper* намечает контуры узора и его тип (регулярные полосы или расположенные случайным образом разводы), а их окраска и цвет фона зависят от способности клеток волосяных фолликулов поддерживать высокий или низкий уровень продукции эндотелина в последующих волосяных циклах на протяжении жизни животного. Кошкина шубка — как книжка-раскраска: *Taqper* намечает контуры рисунка, а *Edn3* его раскрашивает в разные цвета.



Молекула-тыква

Кандидат химических наук

Е.А.Коваленко

Тыква, тыква, тыква. Желтая, яркая, заметная. Для чего могла быть необходима тыква тому монаху?.. Судя по тому, что ее разломали, внутри нее мог быть тайник. Но желтая тыква после праздника — такая заметная штука, что куда с ней ни пойдешь — везде на тебя обратят внимание...

Любовь Федорова.
Путешествие на север

Прогресс в биологии был бы невозможен без ее взаимодействия с другими науками — химией, физикой, математикой. Это рассказ о взаимодействии и взаимообогащении двух наук — биологии и химии на примере изучения молекулы кукурбитурила.

Научный поиск и взаимодействие

Биология и химия долгое время шли каждая своим путем, но давней мечтой биологов было покорить химические процессы, а химиков — создать в лабораторных условиях живой организм. Сама по себе эта идея возникла еще в период алхимии и вплоть до XVI века была одной из главных целевых установок. «Биологические идеалы» ранних этапов становления химического знания определили устойчивую традицию обращения химиков к проблемам биологии, хотя в «посталхимический» период грань между живым и неживым веществом долго считалась непреодолимой.

Применительно к вопросу о взаимодействии биологии и химии наибольший интерес представляет органическая химия. Природа подарила химикам прекрасные образцы для изучения и подражания — вещества растительного и животного происхождения. Так у химиков появился новый «биологический идеал», оказавший сильное влияние на развитие органической химии, особенно на первоначальном этапе ее становления. Укреплению связей между химией и биологией способствовало появление теории строения органических соединений А.М.Бутлерова. Руководствуясь этой теорией, химики смело вступили в соревнование с природой.

Низшим уровнем организации в биологии считается молекулярный: клетки содержат внутриклеточные структуры, которые, в свою очередь, строятся из молекул. Детальное познание строе-

ния и состава клетки, раскрывшее этот уровень перед биологами, сделало возможным их сотрудничество с химиками. Такие специфические свойства живого, как рост, размножение, подвижность, возбудимость, способность реагировать на изменения внешней среды, связаны с определенными комплексами химических превращений. Поэтому химии среди наук, изучающих жизнь, принадлежит основная роль. Химия выявила важнейшую роль хлорофилла как основы фотосинтеза, гемоглобина как основы процесса дыхания; установила химическую природу передачи нервного импульса, определила структуру нуклеиновых кислот и т. д. Но самое главное — в основе биологических процессов, функций живого лежат химические механизмы. Все, что происходит в живом организме, может быть описано на языке химии, в виде конкретных химических процессов.

Конечно, сводить явления жизни к химическим процессам было бы грубым упрощением. Химические процессы в живых системах обладают спецификой, хорошо заметной по сравнению с неживыми. Об этом же говорят и другие науки, возникшие на стыке биологии, химии и физики, в первую очередь биохимия — наука об обмене веществ и химических процессов.

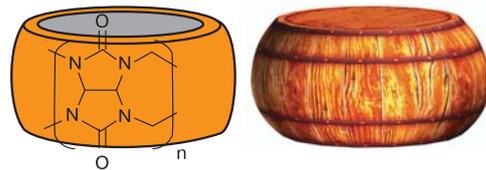
Сейчас для химии особенно важным становится применение биологических принципов, в которых сконцентрированы самые блестящие достижения миллионов лет эволюции. Вторая важная задача — установление связи между строением вещества и его свойствами, в частности биологическим действием. Для этого используется множество

современных методов, входящих в арсенал физики, органической химии, математики и биологии.

Кукурбитурил, молекула-контейнер

Оригинальное направление, о котором пойдет речь в этой статье, развивается в новосибирском Институте неорганической химии Сибирского отделения РАН. Оно относится к супрамолекулярной неорганической химии — этот раздел химии, как помнят читатели «Химии и жизни», исследует наноструктуры, которые состоят из молекул, соединенных нековалентно, — например, из крупных органических молекул и неорганических фрагментов (комплексов металлов).

История этой органической молекулы началась еще в 1905 году, когда ее получил немецкий ученый Роберт Беренд, смешав два вещества (гликолурил и формальдегид). Однако методы того времени не позволили правильно определить ее состав и структуру. Только в 1981 году трое американских химиков из Университета Иллинойса



1 Кукурбитурилы внешне напоминают тыкву или бочку. Стенки «бочки» собраны из остатков гликолурила ($=C_4H_2N_4O_2=$), соединенных метиленовыми мостиками. Число мономеров может быть различным



Food and drink Photos / Фотобанк Лори

$[M(en)_2L_2]^{n+}$ M = Ru ^{III} L = Cl ⁻ , H ₂ O	$[M(dien)L]^{n+}$ M = Au ^{III} , L = Cl ⁻
$[M(cyclam)]^{n+}$ M = Cu ^{II} , Zn ^{II} , Fe ^{II} , Au ^{III} , Pt ^{II}	$[M(cyclen)(H_2O)Cl]^{n+}$ M = Ni ^{II} , Co ^{III}

Таблица

Гости, которые подходят по размерам полости: комплексы переходных и благородных металлов с полиаминовыми лигандами; en — этилендиамин, dien — диэтиленetriамин, cyclam (циклам) — 1,4,8,11-тетраазациклотетрадекан, cyclen (циклен) — 1,4,7,10-тетраазациклододекан



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

в Чикаго, повторили синтез Беренда, получили бесцветное кристаллическое вещество и установили его строение («Journal of American Chemical Society», 1981, 103, 7367). Они же предложили название для молекулы — «кукурбитурил» (Cucurbituril), так как она по форме напоминает тыкву, по-латыни *cucurbita* (рис. 1). Можно представить ее похожей и на бочку, в плоскости дна и крышки которой находятся атомы кислорода карбонильных групп (их называют порталами, так как они образуют ворота, через которые молекулы меньшего размера могут входить во внутреннюю полость). Число мономеров, выстроенных кольцом, может быть различным, поэтому говорят о кукурбит[*n*]урилах; соответственно и диаметр «бочки» будет большим или меньшим.

Что положить в «бочонок»

Исследования биохимии кукурбит[*n*]урилов начались совсем недавно, поэтому соединения на их основе пока не получили широкого практического применения. Но очевидно, это дело ближайшего будущего, ведь молекула-тыква обладает замечательными свойствами. Благодаря жесткой высокосимметричной структуре она сохраняет свою форму при внешних воздействиях. Размеры полости «бочонка» позволяют хранить в ней другие молекулы, в том числе биологически значимые. (Напомним, что крупную молекулу с полостью внутри, подобную кукурбитурилу, специалисты образно называют «хозяином», а более простые молекулы или ионы, способные поместиться в полости, — «гостями».) Ученых привлекает то, что тем самым создается уникальное микроокружение, например, для иона металла, повторяющее его окружение в природных системах. А значит, кукурбитурил, содержащий подобное включение, — перспектив-

ная модельная система при изучении транспорта ионов металлов в биологических системах и активации малых молекул. Порталы способны образовывать дополнительные связи, за счет чего молекула может «подрасти в высоту» или прикрепиться к нужному ей месту. Наконец, эта молекула нетоксична для человеческого организма и обладает высокой устойчивостью к термической обработке и агрессивным средам, таким, как горячие концентрированные кислоты и щелочи.

Отсюда ясно, почему на кукурбитурилах сосредоточились интересы и химиков, и биологов. Уникальные свойства этих молекул наглядно показывают, как много пользы можно принести друг другу разные области знаний.

Биологи и химики выбирают для включения «гостей», которые подходили бы по размерам и имели бы полезные свойства. Удачными претендентами оказались комплексы переходных и благородных металлов с циклическими лигандами, такими как циклам — 1,4,8,11-тетраазациклотетрадекан и его производные (см. таблицу). Подобные соединения широко применяются в медицине в качестве противовирусных препаратов, в радиофармацевтике для диагностики как рентгеноконтрастные вещества и в терапии. Например, комплекс кобальта(II) может связывать диоксиген, комплекс кобальта(III) — катализатор гидролиза аденозинтрифосфата и ДНК. Комплексы золота и платины с полидентатными аминами (цикламом, этилендиамином, диэтиленetriамином и др.) обладают противоопухолевыми и цитотоксическими свойствами. Они более устойчивы в физиологических условиях, чем другие подобные соединения. На основе комплексов золота и платины с кукурбитурилом могут быть созданы фармацевтические препараты пролонгированного действия, с постепенным высвобождением активного компонен-

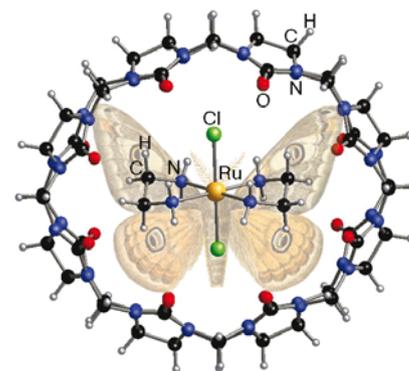
та лекарства из полости «хозяина», который выполняет функцию транспорта и хранения — способствует доставке «гостя» в нужное место, защищает от быстрого разложения в организме и снижает его токсичность. Другие возможные области применения комплексов золота и платины, заключенных в кукурбитурилы — катализ и селективное разделение. О том, что кукурбитурилы с включениями могут пригодиться для моделирования биохимических процессов, мы уже упоминали.

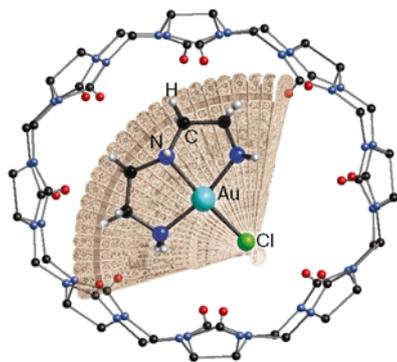
Но это еще не все. Соединения металлокомплексов и кукурбитурила могут быть использованы для конструирования молекулярных и наноразмерных устройств: переключателей, сенсоров, молекулярных машин. Конечно, для этого потребуются модификации химических, электрохимических, фотохимических и магнитных свойств гостя в полости молекулы.

Соединения, выбранные для помещения внутрь кукурбитурила и представленные в таблице, не только интересны с научной точки зрения и перспективны с практической, но и рисуют в воображении зрителя яркие картинки. Кто-то видит в комплексе рутения с этилендиамином бабочку (рис. 2), золота с диэтиленetriамином — веер (рис. 3), а кобальта и никеля с цикленом — шляпку (рис. 4). Атомы железа, платины, меди, цинка, золота расположены в центре большой молекулы и сидят в кресле из циклама (рис. 5).

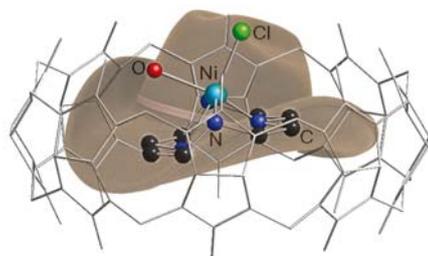
2

Комплекс рутения с этилендиамином — бабочка в клетке

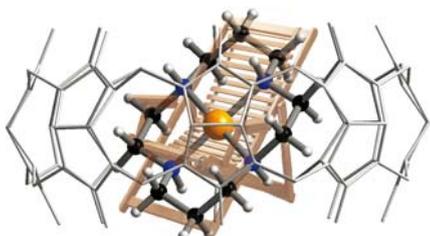




3
Комплекс золота с диэтилентриамином — веер удобно расположился в шкатулке



4
Комплекс кобальта и никеля с цикленом, как шляпка в коробке

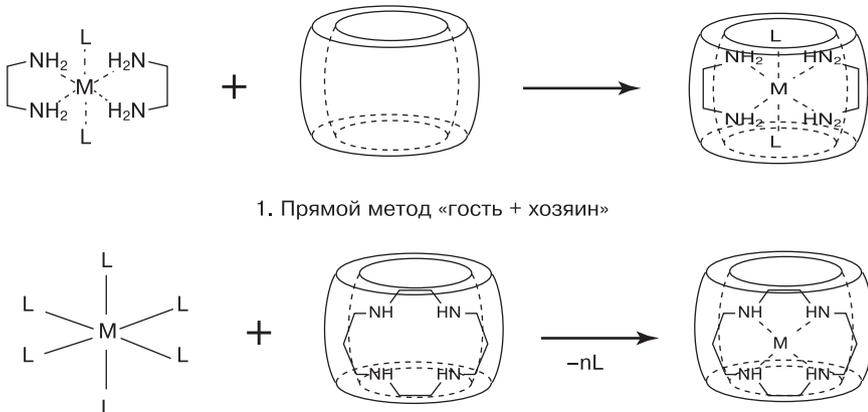


5
Атомы Fe, Pt, Cu, Zn, Au в центре молекулы-хозяйина сидят в кресле из полиаминового лиганда циклама

Как упаковать

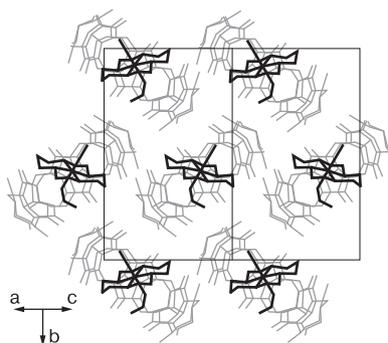
Как поместить одну молекулу в другую? Пришлось разработать специальные методики, чтобы процесс получения был не слишком сложен (рис. 6). Если

6
Специальные методики, разработанные для получения соединений включения



1. Прямой метод «гость + хозяин»

2. Двухстадийный метод синтеза



7

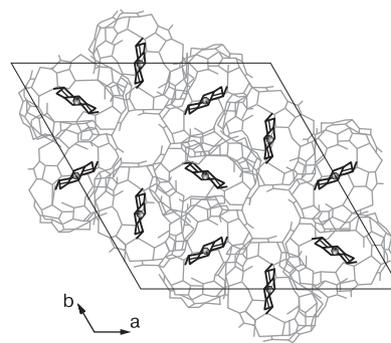
Молекулы кукурбитурила в кристаллической структуре упаковываются таким образом, что образуется либо укладка по паркетному типу, либо каналы-«соты».

(Включения, соответственно, — соединение с железом $[M(\text{cyclam})]n+$ и соединение с золотом $[M(\text{dien})L]n+$)

используется прямой метод синтеза, ученые исходят из кукурбит[n]урилов и комплексов металлов с полиаминными лигандами. Такой метод работает для комплексов рутения и золота. В кристаллической структуре все полости большой молекулы заняты молекулами гостя. Соединение рутения с этилендиамином в кукурбитуриле напоминает бабочку в клетке (рис. 2), а золота с диэтилентриамином — веер в шкатулке (рис. 3).

Но что делать, если комплекс включаемого металла слишком велик и не может пройти сквозь порталы нашей большой молекулы? Здесь мы применили другой метод: комплекс металла взаимодействовал с лигандом, предварительно включенным в полость большой молекулы. Этот метод оказался подходящим для следующих комплексов металлов: железа, платины, меди, цинка, золота. Чтобы атом металла мог с удобством разместиться в центре кукурбитурила, там «поставили» кресло из полиаминового лиганда (рис. 4).

Молекулы кукурбитурила в кристаллической структуре образуют или укладку по паркетному типу, или



каналы-«соты» (рис. 6). Такие соединения привлекают все больше внимания, так как пористые кукурбитуриловые структуры могут быть использованы в реакциях сорбции газов и других малых органических молекул, а также в процессах разделения смесей.

До сих пор мы не упомянули еще об одном важном свойстве наших соединений: они растворимы в воде. Это не только повышает их шансы стать компонентами лекарственных препаратов, но и делает их перспективными с точки зрения изучения поведения в растворах. Водорастворимыми оказались соединения никеля и кобальта с цикленом, которые были приготовлены по той же методике: комплекс металла взаимодействовал с лигандом, уже находящимся в полости большой молекулы. Теперь и «шляпки» комплексов никеля и кобальта поместили в коробочки (рис. 5).

Как видим, сотрудничество между химией и биологией по-прежнему продуктивно. Переплетение методов обеих наук обоюдно обогащает их — это ясно даже на примере одной молекулы.

Литература

Е.А.Коваленко, Т.В.Митькина, О.А.Герасько, Д.Ю.Наумов, Д.Г.Самсоненко, В.П.Федин. Соединения включения комплексов благородных металлов с полиаминовыми лигандами в кукурбит[8]урил. «Известия РАН. Серия химическая», 2010, № 11, 2019—2027.

Е.А.Коваленко, Т.В.Митькина, О.А.Герасько, Д.Г.Самсоненко, Д.Ю.Наумов, В.П.Федин. Синтез и кристаллическая структура соединений включения в кукурбит[8]урил комплексов железа(II), кобальта(III) и никеля(II) с цикламом и цикленом. «Координационная химия», 2011, т. 37, № 3, с. 163—168.

О.А.Герасько, Д.Ю.Наумов, В.П.Федин. Соединения включения комплексов меди(II) и цинка(II) с цикламом в кукурбит[8]урил: синтез и строение. «Известия РАН, Серия химическая», 2011, № 5, 168—175.



Удручающее положение дел объяснялось объективными причинами: две перспективные ушли в декрет, в отпуске по уходу до трех лет пребывали еще пять, из них три бабушки ухаживают за внуками, а самая умная, которую ждали как манну небесную, оформилась за свой счет до школы — ребенка в сад не взяли, а няню брать глупо, ее ставка вдвое превышает мамину зарплату. Единственный представитель мужского пола искренне радел за дело, но, увы, способности его ограничивались малыми формами, среднего уровня программы не тянул.

К выходным имела полный расклад. Не безнадежно, но потребует усилий, подпитки со стороны. А что делать, за Родину обидно, американцы уже всю по Фобосу гуляют своими марсоходами.

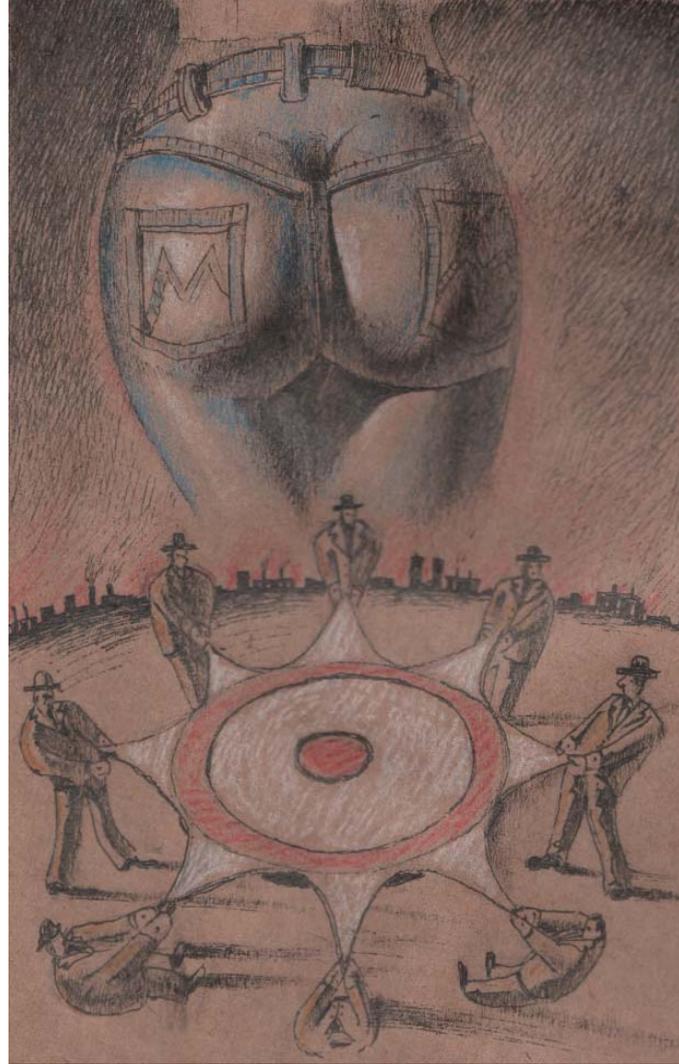
Запищал мобильник.

— Федя, привет! А я как раз собиралась звонить тебе! — проворковала в трубку. На ловца и... сам прибежал!.. Солнышко, слушай мой ответ. Я согласна! — Переждала счастливый всхлип. — Но. Но! Что за «но» — увидишь. Приходи. Жду...

Дополнительное условие повергло Федю в уныние. Ишь, чего удумала — свадьба состоится только после успешного завершения миссии чертова изделия, каковое никак не может штатно сработать, несмотря на усилия целого ФГУПа. Придется ребят подключать, чтоб быстрее. Юрка-банкир согласится, без сомнения, увял со скуки, ворочая финансами. Толик? И этот подпишется, жаловался недавно, что мозги сохнут в нефтяном бизнесе. Серый, Готов, Смирнов примкнут за компанию. Ну и пусть, что забесплатно и тайно, за счет здоровья, нервов и личной жизни. Зато удовольствия море! Соскучились по стоящим задачкам. Руки зачесались приступить немедленно, забурлила физмат-закваска студенческая, заштормила.

А Таня мечтала. Как только станет директором, первое, что сделает, — скорректирует idiotский приказ не пускать на территорию посторонних. Дети — не посторонние, потому имеют право быть рядом. Огородились высоченным забором с колючкой, современную пропускную систему заделали, автоматом фиксирующую всех проходящих, — обалдели, одним словом, дышать не дают. Разве можно в таких условиях работать?! Пусть сотрудницы приносят грудничков — помещений малозаселенных полно, «ау» кричать можно, нет проблем разместить рядом с рабочим местом кроватку и манежик. А то и зал с мягким покрытием организовать, где малыши будут ползать, играть и учиться ходить. А там и ясли с садиком, секции... школьникам с уроками помочь, накормить... мысль галопом понеслась вскачь, рисуя радужные перспективы. Заботиться будет кому, коллектив большой, многие захотят окунуться в полезное дело, а не имитировать умственную деятельность, когда она не идет. Мозги не должны простаивать и чахнуть, пока тело и душа тянут потомство к свету.

Да, к сожалению, вознаграждение за труд в государственных предприятиях смешное. И плевать! Деньги мужа заработают. А женам вполне хватит космоса да детишек. Если организовать грамотно.



Мы сделаем это!

Наталья Духина

Дверь, вызывающе скрипнув, распахнулась. Молодой специалист Танечка, покачивая бедрами, бесстыже расpiraющими джинсы, прошествовала мимо сотрудниц к кабинету начальника.

— Ужас! — негромко припечатала Лариса Анатольевна.

— Кошмар! — согласилась Петровна.

Краем уха уловив шепоток, обладательница шикарной фигуры тормознула, обернулась, снисходительным взглядом победителя окинула пространство и пошла дальше. Злятся тетки, не им повезло в этот раз. Ну и пусть злятся. Ее плата, спроектированная для устройства посадки космического корабля «Фобос-102», сработала отлично! А что корабль не долетел до цели — так то вина восьмого отдела: отказал взлетный блок. Возвращенный корабль успешно приводнился на просторах океана, не утонул и даже не разбился, продолжал подавать сигналы.

— Татьяна Иванна, поздравляю! Передашь дела Людмиле, — оgorошил шеф. — В целях развития общего дела направляешься в восьмой отдел, будешь руководить лабораторией.

— Как?! Я только посадку освоила...

— Без разговоров! Кру-угом, ать-два! — Бывший военный не терпел возражений.

Новый коллектив встретил унынием. Десять пар глаз вскинулись было с надеждой — и потухли, узрев модную цацу.

Таня закусилa губу. Спокойно! По порядку. Переговорить, вникнуть, переварить.



Вечно молодой табак

Если помешать табаку цвести, он становится гигантским и многолетним.

Табак, что бы ни говорили борцы за здоровый образ жизни, — прекрасное растение, способное стать основой биологической цивилизации. Во-первых, биологи детально изучили его и теперь умеют превращать табачные листья в фабрики, производящие самые различные вещества, от паутины до лекарственных препаратов. Во-вторых, табаководство дает заработок многим людям — из-за запретов на курение они могут разориться, если только табаку не найдут новые применения. А в-третьих, это гигантское растение с огромными листьями, длина которых исчисляется десятками сантиметров, а стебель даже в суровых условиях средней полосы вырастает выше человека. И это за три месяца! Какой высоты мог бы достичь табак впоследствии — непонятно, поскольку он погибает вскоре после цветения и вызревания семян.



Исследователи из Фраунгоферовского института молекулярной биологии и прикладной экологии решили узнать истинные способности табака, для чего нашли ген, который препятствует цветению. Внедрив восемь лет назад его в растение с помощью агробактерии (это обычный способ создания трансгенных растений), они получили многолетний табак-гигант. Он уже вымахал в шесть метров и достиг потолка теплицы, диаметр стебля превысил десять сантиметров, листья не желтеют, не опадают, а продолжают расти

«Запрет на цветение приводит к росту биомассы, но растение не дает семян. Это хорошо — нет опасности его проникновения в дикую природу. Так можно увеличивать биомассу подобных культур, не требующих сбора семян, например сахарного тростника», — говорит руководитель работы доктор Дирк Приюфер. Может быть, и нашему многолетнему кормовому гиганту — борщевико Сосновского — при такой технологии разрешили бы вернуться на поля, поскольку его бегство на свободу стало бы невозможным. Немецкие исследователи отмечают, что омолаживающую генетическую вставку вполне можно заменить химическим коктейлем.

Агентство
«AlphaGalileo»,
16 января 2013 года

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

Перспективы для торфяника

Из торфа можно делать композиционные материалы.

Торф, с одной стороны, богатство — насыщенное углеводородами полезное ископаемое, способное к относительно быстрому возобновлению. А с другой стороны, он самовозгорается, особенно если торфоразработки были начаты, а потом остановлены. Чтобы этого не произошло, положено проводить заболачивание. Но можно придумать иные способы использования торфа, помимо устаревшего сжигания в топках тепловых электростанций.

Финские инженеры при поддержке инновационного агентства «Tekes» предлагают делать из верхового торфа наполнители для композиционных материалах. Торф состоит из частиц различного размера и формы, в нем довольно много длинных волокон. Они придают композиту прочность. Для изготовления торфяного наполнителя подходят те же методы и оборудование, с помощью которого изготавливают обычные композиты на основе термопластичных полимеров. А значит, из торфа можно делать не только горшочки для рассады — это потенциальное сырье для множества продуктов, от деталей машин до биоразлагаемой упаковки или конструкций, предотвращающих эрозию почв

Агентство
«AlphaGalileo»,
15 января 2013 года

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

Студень с клетками

Отдельные клетки можно поместить в объем.

Обычно клетки выращивают на какой-либо поверхности. И это плохо, ведь в организме они живут в трехмерной среде, окруженные межклеточным матриксом и соседями, с которыми обмениваются информацией. А если ставить задачей выращивание искусственных живых тканей, то, как мы не раз писали, нужно получать заполненный клетками субстрат с трехмерной структурой.

Исследователи из венского Технологического университета во главе с Александром Овсянниковым создают трехмерные структуры, содержащие живые клетки, с помощью двухфотонной полимеризации, давно используемой в лазерной стереолитографии. Сначала они изготавливают водную суспензию клеток. Затем в нее добавляют мономер, безвредный для клеток. Полученный раствор сканируют двумя лазерными лучами, и в точке, где оба они сфокусируются, у мономера рвутся двойные связи, происходит полимеризация. Клетки же оказываются внутри сплетенной лазерами трехмерной сетки. В итоге образуется трехмерный гидрогель, заполненный живыми клетками, причем его внутренней геометрией можно управлять на субмикронном уровне. Это важно, поскольку судьба стволовой клетки зависит от жесткости поддерживающего ее субстрата. Вполне вероятно, что метод станет лидирующим в тканевой инженерии, недаром работа Овсянникова получила поддержку от Европейского исследовательского совета в размере 1,5 млн. евро.

Агентство
«AlphaGalileo»,
5 февраля 2013 года

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

Рапсовые сосиски

Белок из семян рапса ничуть не хуже соевого.

Сосиски и колбаса с добавками сои не вызывают восторга у покупателей. Тем не менее требования экономики неумолимы: если той соей накормить животное, то две трети кормленного белка уйдет в отходы и всего треть станет животным белком. Значит, за те же деньги соевых сосисок можно сделать в три раза больше, чем телячьих. Отказаться от такой выгоды трудно. Но еще больше денег от подобной операции можно получить, если использовать местные растения.

Сою возделывают на Дальнем Востоке и в Северной Америке. А в Европе отлично растет рапс, и более того, в связи с развитием биодизеля, его посевов становится все больше. А после извлечения из рапсовых семян масла остается прекрасный белок. Сейчас фермеры Евросоюза скармливают 15 млн. тонн этого продукта скоту, что совершенно неэффективно. Исследование, которое провел диетолог Герхард Ярайс из Университета Фридриха Шиллера в Йене, позволяет эту эффективность существенно повысить. В своих опытах он кормил 28 добровольцев пищей, содержащей белок рапса или сои, и время от времени брал у них кровь на анализ. Результаты показали, что между белками нет никакой разницы. Значит, можно обращаться к регулирующим органам Евросоюза за разрешением на продукты из рапса, тем более что немецкие пищевики уже стоят на низком старте. Видимо, вскоре изготовители сосисок с чистой совестью снабдят свою продукцию биркой «без сои». А по поводу рапсового белка общественность еще не начала волноваться...

«Clinical Nutrition»,
2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinu.2012.11.005>

Город-нагреватель*Мегаполисы меняют потоки в атмосфере.*«Nature Climate Change»,
27 января
2013 года;
doi: 10.1038/nclimate1803

Тот факт, что борцы с глобальным потеплением обращают внимание на парниковые газы, игнорируя собственно нагрев планеты из-за сжигания топлива, вызывает недоумение. Конечно, человек производит всего 0,3% того тепла, которое переносят атмосферные потоки, но и углекислого газа он выделяет считанные проценты от природной эмиссии, однако первый фактор считают ничтожным, а второй — катастрофичным. Но вот наконец-то и до антропогенного тепла дошло дело. Чжан Ган, Цай Мин и Ху Айсюэ, исследователи из Скриппсовского института океанографии, Калифорнийского университета в Сан-Диего и Флоридского университета, рассчитали его потоки и обнаружили, что мегаполисы на обоих побережьях Северной Америки и Европы играют существенную, прямо-таки геологического масштаба, как писал В.И.Вернадский, роль в перераспределении атмосферных потоков. В результате климат меняется на расстояниях в тысячи километров, к примеру начинаются теплые зимы и холодные осени. Столь сильное влияние именно мегаполисов связано с высокой концентрацией в них энергии: на 86 больших городов Северного полушария приходится потребление 6,8 ТВт энергии из 16 ТВт, используемых человеком. Вся эта энергия в конце концов превращается в тепло, которое нагревает нижние слои атмосферы. Исследователи рекомендуют коллегам внести соответствующие изменения в климатические модели, чтобы уменьшить различие между нынешними расчетами и наблюдаемыми данными. Про то, как надо охлаждать города, они не говорят, хотя расчеты леса-охлаждителя (см. заметку в этом же выпуске...) подсказывают: без интенсивного озеленения тут не обойтись.

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

Лес-охлаждитель*Посадка деревьев снизит температуру Европы.*«Carbon Balance and Management»,
2013, 8 (3);
doi: 10.1186/1750-0680-8-3

Человек не первое столетие энергично уничтожает леса. Однако наступивший в XX веке экологический кризис в целом и глобальное потепление в частности заставили ученых задуматься: а что будет, если вернуть планете былой лесной покров? И тут мнения разделились. Одни исследователи указывают на низкий КПД фотосинтеза и отмечают, что никаким лесом излишнее тепло, остающееся на поверхности планеты из-за действия парниковых газов, не утилизировать. Другие же говорят, что именно лес способен не только утилизировать тепло, но и захоранивать парниковые газы на столетия, создавая запас топлива для ледникового периода.

Общих соображений явно недостаточно, требуется расчет. Его-то для наиболее пострадавшей от вырубок территории планеты — Европы — и провели исследователи из Института метеорологии Общества Макса Планка во главе с доктором Борбалой Галосом. В своем компьютере они засадили лесами все свободные территории, увеличив их площадь в Польше, Чехии, Дании, Франции, на севере Германии и Украины на 50%. Этого оказалось достаточно, чтобы через сто лет средняя температура упала на 0,3—0,5 градусов, а мощность летних дождей выросла на 10—15%. Сильнее всего такие изменения наблюдались в средней полосе, на юге же, где доступ к влаге ограничен, эффект был менее заметным.

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

Как стреножить стафилококк?*В мембране клеток слизистой оболочки носа найден белок, к которому крепится вредная бактерия*
«PLoS Pathog», 2012,
8(12): e1003092.
doi:10.1371/journal.ppat.1003092

Золотистый стафилококк живет в носу у каждого пятого человека, время от времени вызывая серьезные простудные заболевания. А поскольку в больнице «выводится» особая, устойчивая к антибиотикам разновидность этого микроорганизма, такое заболевание может кончиться очень плохо. Если не антибиотик, то что поможет борьбе со стафилококком?

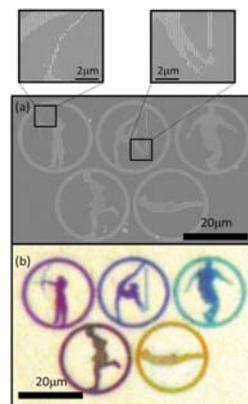
В поисках альтернативы исследователи из дублинского Тринити-колледжа выяснили, какой белок помогает бактерии колонизировать нос. Им оказался обязательный компонент мембраны клеток слизистой оболочки — лорикрин. Во всяком случае, у мышей, не имеющих этого белка, колонии стафилококка в носках встречаются гораздо реже. Целебный эффект вызывают капли, содержащие раствор лорикрина: микроб крепится к компонентам препарата и вместе с ним покидает организм. «Наша работа открывает новый путь предотвращения болезней, вызванных золотистым стафилококком», — говорит участник исследования Тим Фостер.

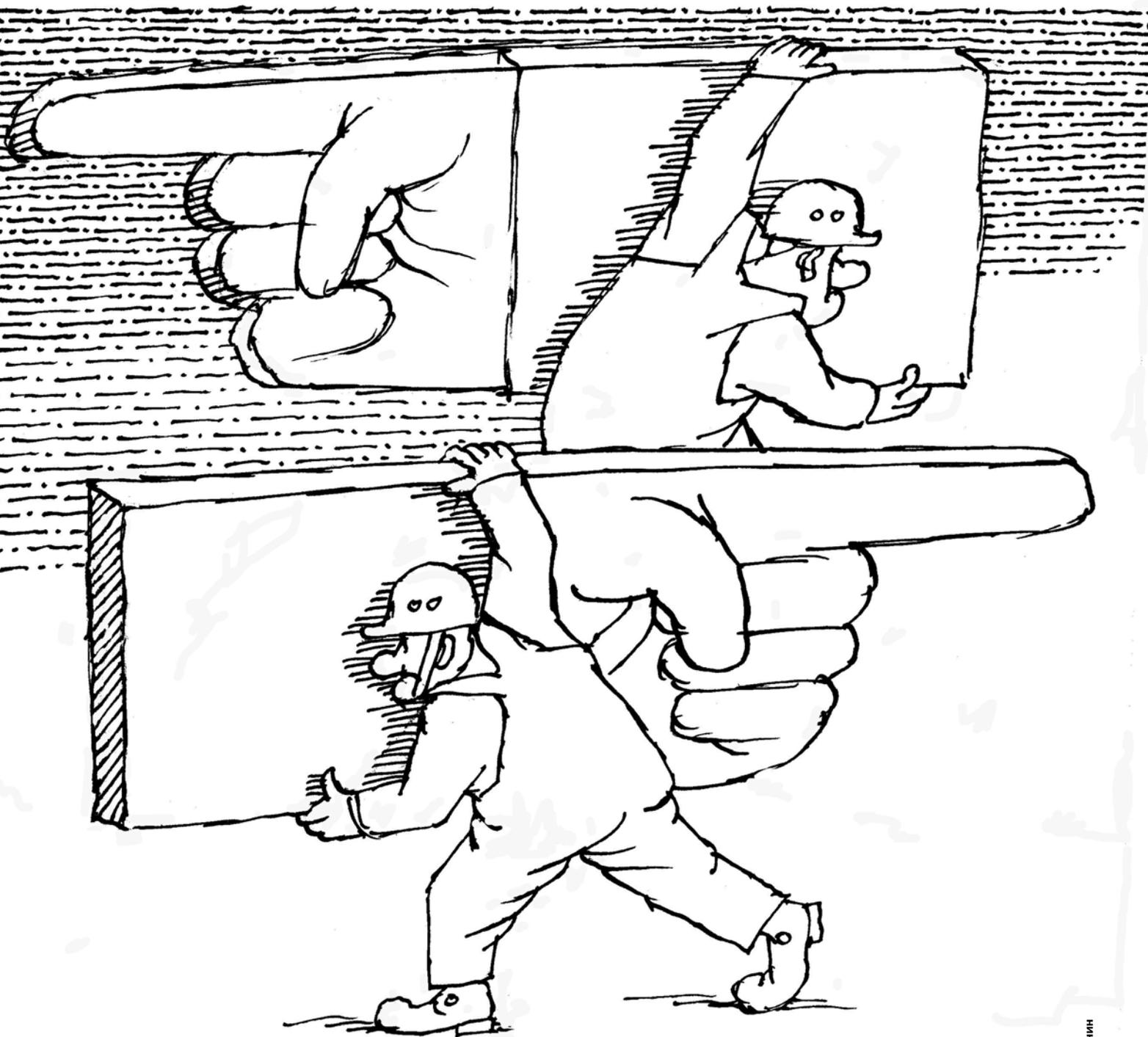
В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

Как бабочки крыло, как хвост павлина*Можно создать дисплей, цвета на котором возникают благодаря отражению света от наноструктур.*«Scientific Reports»,
2013, 3, статья номер
1194; doi:10.1038/srep01194

Дисплей на электронных чернилах бережет зрение пользователя — используя отраженный свет, он не направляет в глаз луч светодиода. Кроме того, он не требует затрат энергии на поддержание однажды сформированного изображения. Одно плохо — оно черно-белое. Для изготовления цветного дисплея такого типа исследователи пытаются использовать принцип структурной окраски: цвет формируется дифракцией света на частицах определенного размера, как на крыльях некоторых насекомых. Исследователи из группы Л. Джей Гуо в Мичиганском университете предприняли очередную попытку и получили структурное изображение, цвет которого мало зависит от угла наклона.

Для этого на поверхности диэлектрика — диоксида кремния — создали рельеф из параллельных бороздок шириной 140—220 нм и глубиной 110—170 нм. Сверху на рельеф нанесли проводник — нанометровую пленку серебра. Волны падающего света с определенной длиной — в зависимости от соотношения ширины и высоты бороздок — оказывались запертыми в них. Соответственно какая-то группа оттенков исключалась из отражения, и белый свет превращался в цветной. Подбирая параметры рельефа, Гао с коллегами обеспечили три основных цвета полиграфии — голубой, желтый и пурпурный. Их смешение дает любой цвет, видимый человеческим глазом. Именно так, варьируя ширину бороздок, исследователи сделали микроизображения символов некоторых олимпийских видов спорта, причем цвет давал элемент толщиной всего в две бороздки — именно такова ширина ленты в руках у гимнастки в центре вверху. Изображение обладает еще и высокой четкостью, ведь размер формирующих его элементов меньше длины волны света, и пиксель неразличим глазом. В будущем Гао надеется найти способ изменять рельеф, чтобы получать динамические изображения. Тогда будет создан полноценный структурный дисплей.





Художник С. Тонин

Проблема хиральной чистоты

М.А.Никитин

После опытов Миллера, о которых рассказывалось в предыдущем номере, были открыты и другие химические реакции, способные производить органику в условиях древней Земли. Одна из интенсивно изучаемых таких реакций — формозная реакция Бутлерова, открытая еще в 1865 году: водный раствор формальдегида (CH_2O) с добавлением

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ или $\text{Mg}(\text{OH})_2$ при небольшом нагревании превращается в сложную смесь сахаров. (Об этом, а также о других проблемах биогенеза рассказывалось в статье В.Н.Пармона «Новое в теории появления жизни», «Химия и жизнь», 2005, № 5.) Формальдегид легко образуется из углекислого газа в присутствии паров воды на поверхности

горячего железа — например, на включениях самородного железа, которые содержатся в вулканических лавах при извержениях. Найден он и в кометах, и в межзвездных газовых облаках.

Изучению реакции много лет мешал ее капризный характер — колбу с раствором надо было греть несколько часов без всяких видимых изменений, как вдруг за считанные минуты раствор желтел, затем коричневел и загустевал. А если исходные реагенты были очень чистыми, то реакция не шла вовсе. Причиной «капризов» оказался автокаталитический характер реакции: сначала формальдегид медленно превращается в двух- и трехуглеродные сахара (гликоальдегид, глицеральдегид и дигидроксиацетон), которые затем катализируют синтез самих себя и более крупных сахаров. Если к исходной смеси сразу добавить чуть-чуть гликоальдегида или глицеральдегида, то реакция ускоряется почти сразу. Другой способ ускорить ее — осветить раствор ультрафиолетом, под действием которого отдельные молекулы формальдегида соединяются в гликоальдегид.

Обычно в реакции Бутлерова получают сложные смеси сахаров, где сахара, характерные для живых клеток, перемешаны с огромным разнообразием семи-, восьми-, девятиуглеродных сахаров и даже более сложных. Это долго не давало возможности привлечь ее к предбиогенному синтезу.

Однако в последние годы обнаружилось несколько способов, позволяющих избирательно накапливать отдельные сахара, именно те, что нужны для биохимии. Например, при добавлении растворимых силикатов, таких как Na_2SiO_3 , силикат-анион образует комплексы с четырех- и шестиуглеродными сахарами, которые выпадают в осадок и далее не участвуют в реакции. Так накапливаются сахара, имеющие две соседние гидроксильные группы с одной стороны: эритроза, треоза, глюкоза, манноза (подробнее об этом можно прочитать в заметке Александра Маркова на сайте «Элементы», <http://elementy.ru/news/431261>) Если же в реакционную смесь добавить гидроксипатит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$, то на его поверхности практически избирательно осаждается рибоза (см. уже упоминавшую статью В.Н.Пармона в майском номере «Химии и жизни» за 2005 год). Соли борной кислоты тоже избирательно осаждают из реакционной смеси рибозу (Ricardo et al., «Science», 2013, doi: 10.1126/science.1092464).

Еще один избирательный катализатор реакции Бутлерова — комплекс аминокислоты пролина с ионом цинка. Он также останавливает реакцию на стадии пяти- и шестиуглеродных сахаров, и,

что еще важнее, он стереоспецифичен! Комплекс «левого» пролина с цинком избирательно синтезирует «правые» сахара. (Kofoid et al., «Organic and biomolecular chemistry», 2005, doi: 10.1039/b501512j). Ряд других аминокислот, например глутамин и лейцин, тоже обеспечивают стереоспецифичный синтез «правых» сахаров в присутствии «левых» аминокислот, но не останавливают его на стадии рибозы и шестиуглеродных молекул.

Откуда же взять «левые» изомеры аминокислот? Как мы уже упоминали, оптические изомеры различаются поведением только при встрече с поляризованным светом или другими оптически активными веществами. Оказывается, в качестве оптически активного партнера могут выступать и другие молекулы того же самого вещества. Вспомним, как Пастер разделил изомеры винной кислоты: при медленном упаривании раствора L- и D-изомеры кристаллизовались отдельно друг от друга, что и позволило рассортировать кристаллы. Если же упаривать раствор с «метеоритным» соотношением изомеров 60:40, то преобладающий изомер начнет выпадать в осадок раньше. Вовремя остановив упаривание, можно получить чистые кристаллы одного изомера и равную их смесь в растворе.

Большинство аминокислот ведут себя противоположным образом: при упаривании раствора сначала выпадают рацемические кристаллы (с соотношением изомеров 1:1), и раствор обогащается тем изомером, которого было больше в исходной смеси. Так, из раствора фенилаланина с соотношением изомеров 52:48 удалось в два цикла упаривания получить раствор с долей L-изомера 90% (Breslow, Levine, «Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2006, doi: 10.1073/pnas.0605863103). Аналогично ведет себя и главный оптически активный промежуточный продукт (и автокатализатор) реакции Бутлерова — глицеральдегид. Пяти- и шестиуглеродные сахара неспособны к такой самоконцентрации оптически активного изомера, но рибоза в составе нуклеозидов (сахар плюс азотистое основание; если присоединить к нуклеозиду остаток фосфорной кислоты, получится нуклеотид) тоже, подобно аминокислотам, предпочтительно кристаллизуется в соотношении изомеров 1:1 и может накапливаться в растворе в оптически чистой форме. (Breslow, Cheng, «Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2010, doi: 10.1073/pnas.1001639107).

Более того, в некоторых условиях можно получить хирально чистые аминокислоты из смеси равных количеств обоих изомеров. Группа испанских

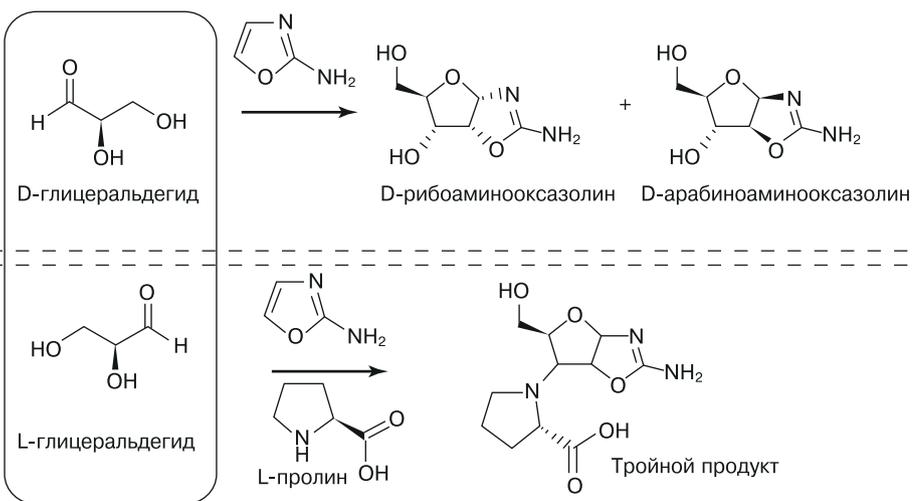


химиков под руководством Кристофала Видмы («Journal of the American Chemical Society», 2008, doi: 10.1021/ja8074506) показала, что, если нагреть раствор аспартата в присутствии салицилового альдегида и уксусной кислоты до 100—130°C, образуются чистые кристаллы одного оптического изомера. Аспаратат — это одна из двух аминокислот, оптические изомеры которых кристаллизуются раздельно. Салициловый альдегид в кислой среде катализирует переход изомеров в растворе друг в друга, поэтому небольшие случайные отклонения в начале кристаллизации приводят к полному превращению смеси в чистый L- либо D-изомер.

Еще один механизм разделения оптических изомеров — адсорбция на поверхности некоторых минералов. Кристаллы кальцита на одних гранях сильнее удерживают L-аминокислоты, а на других — D-изомеры.

Синтез азотистых оснований также может происходить разными путями. Аденин и гуанин образуются из синильной кислоты при замерзании ее водного раствора, ультрафиолетовом облучении или нагревании. Все четыре азотистых основания синтезируются с высоким выходом из формамида (NH_2CHO) на поверхности частиц TiO_2 при ультрафиолетовом облучении; аденин, цитозин и урацил — на поверхности монтмориллонита (разновидность глины) или оксидов железа при нагревании (см. обзор Constanzo et al, «BMC Evolutionary Biology», 2007, doi: 10.1186/1471-2148-7-S2-S1).

Чтобы азотистые основания приняли участие в синтезе РНК-подобных полимеров, они должны, естественно, сначала объединиться с сахаром и фосфатом. Еще в 1960-е годы было показано, что при ультрафиолетовом облучении раствора аденина, рибозы и фосфатов аденин сначала образует связь с рибозой, а затем присоединяет последовательно три фосфатные группы, превращаясь в АТФ. При этом присоединение последней фосфатной группы происходит примерно в сто раз быстрее, чем предшествующие реакции (Ponnamperuma et al., «Nature», 1963, doi: 10.1038/199222a0). Возбужденное



3
Участие аминокислот в синтезе рибонуклеотидов. (Hein et al., 2011). Вверху — один из этапов синтеза с предыдущего рисунка; в эту реакцию вступает D-глицеральдегид. Внизу — побочная реакция, в которую L-пролин увлекает «неподходящий» L-глицеральдегид. Так происходит абиогенный отбор молекул нужной хиральности

растворов при слегка повышенной температуре и конденсируется во время ночных заморозков.

Как написал редактор журнала «Nature» в предисловии к работе команды Сазерленда: «Именно потому, что эта работа открывает так много новых направлений исследований, она на долгие годы останется одним из великих достижений пребиотической химии».

И новые направления исследований немедленно начали развиваться. Уже через два года вышла статья группы Джейсона Хейна. Добавляя к системе Сазерленда различные аминокислоты, они получили стереоспецифический синтез рибонуклеотидов. Более того, достаточно было 1% избытка одного из стереоизомеров аминокислот, чтобы в конце концов получились хирально чистые рибонуклеотиды!

Аминокислоты вмешиваются в синтез Сазерленда на стадии реакции 2-аминооксазола с глицеральдегидом,

причем образуется тройной продукт. Эта реакция стереоспецифична: пара глицеральдегида с аминокислотой одной хиральности реагирует в четыре раза быстрее, чем разнохиральная. Таким образом, небольшой избыток L-аминокислоты будет связывать L-глицеральдегид в побочный путь реакции, оставляя для синтеза рибонуклеотидов больше D-изомеров.

Ранее Сазерленд показал, что рибоаминооксазолин, подобно винной кислоте в опытах Пастера, способен при упаривании раствора кристаллизоваться в хирально чистые кристаллы уже при соотношении изомеров 60:40. Экспериментально получены такие кристаллы рибоаминооксазолина прямо из реакционных смесей с участием 14 чистых L-аминокислот из 19, содержащихся в белках. Пролин по стереоспецифичности далеко превосходит все остальные аминокислоты.

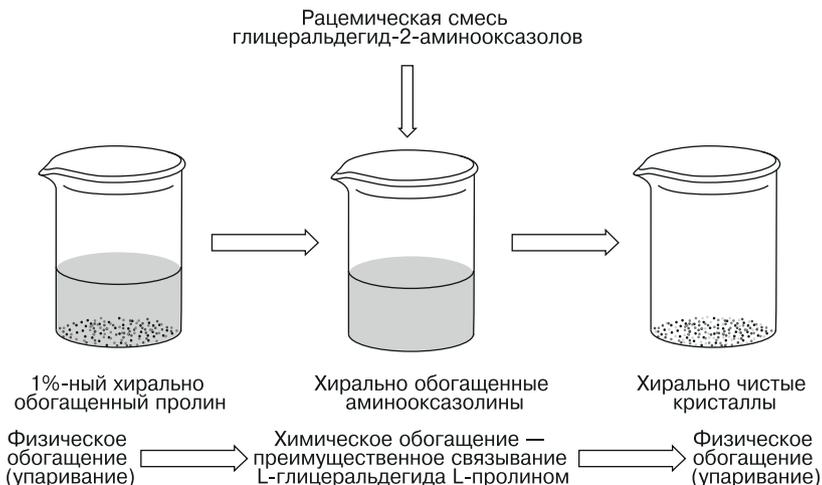
Таким образом, достаточно, чтобы в синтез Сазерленда попал раствор аминокислот, хирально обогащенный путем частичной кристаллизации. В экспериментах Хейна так были получены хирально чистые рибонуклеотиды, начиная всего лишь с 1% хирально обо-

гащенного пролина. Такое небольшое хиральное обогащение аминокислот легко может быть обеспечено фотохимическими процессами с участием поляризованного УФ-света: как мы уже писали, в метеоритах встречаются аминокислоты с хиральным обогащением до 18%, причем с избытком именно L-изомеров.

Как видим, проблема разрешима и без вмешательства высшего разума.

Литература

- Guzman, M.I., Martin, S.T. Prebiotic metabolism: production by mineral photoelectrochemistry of alpha-ketocarboxylic acids in the reductive tricarboxylic acid cycle. «Astrobiology», 2009, 9, 833—842.
- Hein, J.E., Blackmond, D.G.. On the origin of single chirality of amino acids and sugars in biogenesis. «Accounts of Chemical Research», 2012, 45 (12), 2045—2054, doi:10.1021/ar200316n.
- Hein, J.E., Tse, E., Blackmond, D.G.. A route to enantiopure RNA precursors from nearly racemic starting materials. 2011, «Nature Chemistry», 3, 704—706.
- Orgel, L.E.. The implausibility of metabolic cycles on the prebiotic Earth. «PLoS Biology», 2008, 6.
- Pasek, M.A. Rethinking early Earth phosphorus geochemistry. «Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2008, 105, 853—858.
- Pestunova, O., Simonov, A., Snytnikov, V., Stoyanovsky, V., Parmon, V. Putative mechanism of the sugar formation on prebiotic Earth initiated by UV-radiation. «Advances in Space Research», 2005, 36, 214—219.
- Powner, M.W., Gerland, B., Sutherland, J.D. Synthesis of activated pyrimidine ribonucleotides in prebiotically plausible conditions. «Nature», 2009, 459, 239—242. (краткий русский переклад: <http://elementy.ru/news/431082>)
- Saladino, R., Crestini, C., Ciciriello, F., Costanzo, G., Di Mauro, E. Formamide chemistry and the origin of informational polymers. «Chemistry & Biodiversity», 2007, 4, 694—720.
- Senanayake, S.D., Idriss, H. Photocatalysis and the origin of life: synthesis of nucleoside bases from formamide on TiO₂(001) single surfaces. «Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2006, 103, 1194—1198.



4
Схема синтеза хирально чистых рибонуклеотидов (Hein et al., 2011)

Sc Скандий: факты и фактики

	21	Sc	
2	2	44,95591±1	2
8	9	3d ¹ 4s ²	10
8	8	СКАНДИЙ	8
2	2		2

ЭЛЕМЕНТ №...

Чем хорош скандий? Сочетанием малого веса и высокой температурой плавления. Будучи 21-м элементом таблицы Менделеева, он располагается под алюминием в подгруппе ЗВ, отличаясь от последнего втрое более высокой температурой плавления, а от соседнего титана — в полтора раза большей прочностью. Серебристый с желтым отливом скандий, заметно окисляющийся на воздухе лишь при нагреве выше 250°C, мог бы стать прекрасным конструкционным материалом, может быть, даже основой цивилизации. Однако не стал.

Чем плох скандий? Тем, что он чрезвычайно рассеян. Скандия в земной коре 10^{-3} — $10^{-4}\%$. Это не так уж мало, если сравнить с благородными платиной (10^{-7}), золотом (10^{-8}) и даже серебром (10^{-6}). Хотя до соседей по таблице, например кальция или титана, ему очень далеко. Но вот по рассеянности скандий — рекордсмен: редко в каком минерале его содержание достигает 10 граммов на тонну. Поэтому добывать его не то чтобы сложно, но очень дорого. Цена на более-менее чистый скандий в разы превышает цену золота. Такой металл никак не может стать основой цивилизации, хотя он и содержится в отвалах многих предприятий по производству металлов или фосфорных удобрений.

Какую роль сыграл скандий в утверждении Периодической системы? Сформулировав свой закон, Д.И.Менделеев предсказал свойства элементов в незаполненных ячейках таблицы. Среди них был и элемент 21, названный им экабором. В 1879 году швед Ларс Нильсон обнаружил в минерале ауксените элемент, свойства которого оказались практически идентичны экабору. Этот элемент, названный скандием в честь родины Нильсона, стал вторым доказательством справедливости закона: первым был открытый в 1875 году экалюминий — галлий.

Зачем скандий металловедам? Не будь он столь редким и дорогим, технологи могли бы найти ему много применений. Главное — аэрокосмическая промышленность. Так, добавка скандия в мельчайших количествах (доли весового процента) в сплавы алюминия и алюминия с магнием существенно, на десятки процентов, а порой и в разы увеличивает механические свойства: твердость, прочность, длительную прочность. Пластичность же при этом не уменьшается. Эффекты достигаются за счет того, что скандий, во-первых, сильно уменьшает размер зерен металла, а во-вторых, выделяется в виде упрочняющих частиц интерметаллида — скандида алюминия $AlSc_2$. И заменить его нечем. Вот свежий опыт, поставленный немецкими учеными («Surface and Coatings Technology», 7 ноября 2012 года, <http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2012.05.147>), которые делали тонкую алюминиевую пленку для последующей штамповки микроскопических деталей. Сплав с добавкой скандия удовлетворяет всем требованиям технологов, но уж очень хочется избавиться от этого дорогого элемента. Что если взять химический аналог — иттрий, стоящий в таблице сразу под скандием? Взяли и обнаружили, что структура пленок у обоих сплавов схожая, а прочность той, что с иттрием, даже выше. Но вот пластичность упала почти до нуля. Из такой пленки ничего не отштампуете. Среди прочих достоинств алюминиевых сплавов со скандием — свариваемость и поглощение радиоволн; последнее нужно для облегчения маскировки боевых самолетов.

Легкие сплавы прежде всего нужны авиации и космонавтике. Если не думать о цене, для столь важного дела следует применять самый лучший материал. (Вспомним слова, приписываемые конструктору МИГов А.И.Микояну: «Если надо, мои самолеты

будут заправляться армянским коньяком».) Так и делали в СССР, где была поставлена задача — получить десять тонн скандия в год (больше, чем все остальные страны, вместе взятые) и превратить его в тысячу тонн высокопрочного алюминиевого сплава. Из такого сплава, в частности, были сделаны элементы обшивки космического челнока «Буран».

Если же думать о цене, то возникает вопрос: а окупаются ли затраты? Пусть самолет будет тяжелее, но дешевле, ведь по состоянию на 2011 год, согласно данным из доклада Геологической службы США «Mineral Commodity Summaries 2012» килограмм алюминий-скандиевого сплава стоил 220 долларов (годом ранее — 74 доллара). А килограмм чистого алюминия шел на бирже по два доллара. Видимо, соображения экономии и привели после перестройки к значительному падению спроса на скандий и сокращению его производства. Так, по данным того же доклада, в главной авиационной стране мира, США, скандий не добывают аж с 1990 года, а пользуются поставками из КНР, России и Украины. При этом основное использование алюминиевых сплавов со скандием сегодня — изготовление профессиональных бейсбольных бит, а также рам очень дорогих гоночных велосипедов.

Впрочем, будущее этого металла авторы доклада все же связывают с авиацией и космосом. Может быть, имеется в виду второе рождение известных легких сплавов, а может быть, и уникальный новый материал — бериллид скандия $ScBe_{16}$. Это легчайший из возможных (удельный молекулярный вес в расчете на один атом оказывается чуть больше 11, то есть меньше, чем у углерода) металлический конструкционный материал, способный выдерживать нагрев на воздухе до 1600°C. Энтузиасты заявляют, что, будь в нашем распоряжении много скандия и бериллия, именно из их интерметаллида делали бы космические корабли, двигатели, турбины электростанций и много чего еще. Увы, при этом они упускают из виду, что интерметаллиды — вещества хотя и прочные, но, как правило, хрупкие, и ни один конструктор по доброй воле такой материал в ответственную конструкцию не поставит. Конечно, можно различными ухищрениями поднять пластичность материала, но, если это требуется делать в огромном интервале температур, от комнатной до белого каления, задача становится практически неразрешимой. А традиционным легким сплавам в самолетах на пятки наступают углепластики — материалы легчайшие и прочнейшие. Поэтому авиационно-космическое будущее сплавов со скандием отнюдь не гарантировано.

Как скандий связан со светом? Скандий присутствует в галогеновых лампах. Именно он обеспечивает им спектр излучения, сходный с солнечным. Считается, что светодиоды сегодня вытесняют такие лампы с рынка. А вот в лазерах скандий прочно занял свое место: его добавляют в состав иттрий-галиевых гранатов — основы современных твердотельных лазеров. В частности, на иттрий-скандий-галлиевом гранате созданы медицинские лазеры. Например, ими пытаются лечить кариес и омолаживать кожу лица. Первое направление раз за разом доказывает свою бесперспективность: стальной бур в сравнительных испытаниях всегда лучше вычищает больной зуб от пораженного материала, соответственно и прочность крепления пломбы при этом оказывается выше («Lasers in Medical Science», 2008, 23, 4, 435—41). И стерилизовать зубы полностью не удастся, хотя, если промыть каналы корня зуба гипохлоритом натрия $NaOCl$ и осветить лазером мощностью в 1 Вт, вредных грибков *Candida albicans* в них оказывается существенно меньше, чем при других видах де-

зинфекции («Photomedicine and Laser Surgery», 2010, 28, Suppl 1, S73—8; doi: 10.1089/pho.2010.2780). Что же касается омоложения, ради которого «испаряют» лазером верхний слой кожи лица, то у гранатового лазера со скандием есть сильный конкурент — лазер на углекислом газе. Разница в том, что импульсный гранатовый лазер гораздо меньше нагревает кожу, нежели газовый. Казалось бы, это должно дать ему преимущество. Однако многократные сравнения разных лазеров этого не подтверждают. Вот описание одного из опытов. У 28 пациенток лица разделили на четыре участка, и каждый из них обрабатывали случайно выбранным лазером. Последующий анализ не показал статистически значимого различия ни в качестве омоложения, ни в самочувствии пациенток («Dermatological Surgery», 2012, 38, 9, 1477–89; doi: 10.1111/j.1524-4725.2012.02500.x). Стало быть, использование разных лазеров объясняется маркетинговыми причинами, а не медицинскими показаниями, делают вывод авторы работы.

Зачем нужен радиоактивный скандий и как его делают? Самым интересным радиоактивным изотопом оказался скандий-44 с периодом полураспада 3,97 часа, излучающий позитроны. Генератором этого скандия служит радиоактивный изотоп титан-44, с периодом полураспада 60 лет. Из такого генератора ежедневно извлекают порцию скандия для исследований. А служит он для позитронно-эмиссионной томографии. Благодаря относительно большому времени жизни скандия-44, а также тому, что после излучения позитрона остается безвредный кальций-44, созданные на его основе препараты позволяют следить за длительными перемещениями лекарственных и других веществ в организме.

Какие новые приложения могут появиться у скандия? Очевидно, что обеспечить потребление столь дорогого вещества может только его выдающиеся свойства. Не исключено, что в ближайшее время он поможет накапливать водород для устройств водородной энергетики, причем вес водорода превысит критическое значение в 5%. Материалы, содержащие скандий, демонстрируют очень хорошие результаты. Так, порошок из частиц $Mg_{65}Sc_{35}$ сумел накопить до 6,4% водорода, причем спустя 50 циклов зарядка-разрядка способность к накоплению упала не столь уж сильно — до 4,3% («International Journal of Hydrogen Energy», 2013, 38, 1, 153—161). Добавка скандия существенно ускорила скорость перемещения водорода, снизив активационную энергию этого процесса в два раза. Расчет поведения кластеров $Si@Al_{12}$ со скандиевым покрытием показал, что они, во-первых, не будут слипаться, а во-вторых, смогут накопить более 6% водорода («Journal of Chemical Physics», 2010, 132, 22, 224308; doi: 10.1063/1.3439689). Аналогичный расчет для наночешуек графена, декорированных по торцу скандием, предсказывает накопление уже 9% водорода, причем с удивительно низким значением энергии связи («Nanoscale», 2012, 4, 3, 915–20; doi: 10.1039/c2nr11257d). Для графена с кальцием те же исследователи получили емкость лишь в 5%. Видимо, теперь дело за экспериментальной проверкой. А вот пористые полимеры, даже со скандием, на рекорд не пошли — они вбирают в себя не более 3 вес. % водорода.

Чем скандий похож на красную ртуть? Три вещества: скандий, красная ртуть и изотопно-чистый осмий-187 прославились в конце перестройки тем, что все мало-мальски связанные с металлургией люди разыскивали их в надежде мгновенно разбогатеть. Соблазн был очень велик, ведь граммы этих металлов оценивались в сотни долларов. Ажиотаж подогревался тем обстоятельством, что в советскую эпоху было принято заказывать некоторые элементы в избыточном количестве, например, чтобы выбрать в конце года выделенные на финансирование института фонды. В результате у многих в запасниках скопились всевозможные редкие и дорогие вещества — рений, индий, лантан, ниобий, гафний, тот же скандий. Через некоторое время запасы списывали, металл же оставался в столе на всякий случай для будущих исследований. С развитием товарно-денежных отношений появилась возможность обратить эти запасы в наличные. Многие ли сумели этой возможностью воспользоваться — неизвестно, но сплетни о том, что есть спрос на дорогие металлы, распространились со скоростью степного пожара. Если красная ртуть — вещество скорее вымышленное, а осмий-187 — чрезвычайно специальное, то скандий — пусть редкий, но всем известный легирующий элемент специальных сплавов.

Об операции «скандий—красная ртуть—осмий-187» есть несколько мнений. По одной, самой безобидной, западные партнеры таким образом искали поставщиков ценного сырья из-за железного занавеса. По другой — ее организовали спецслужбы для выявления каналов контрабанды и утечки гостайны. Конспирологи утверждают: таким способом по фиктивным контрактам в СССР были завезены деньги для оплаты подрывных действий — фиктивно вывозить металл, два килограмма которого тянут на полмиллиона долларов, легче, чем вагоны с алюминием. Впрочем, это могло быть банальным разворовыванием советских запасов, например, в результате перепродажи металла по заниженной цене. Стоил же скандий и тогда, и сейчас очень дорого, в чем можно убедиться, пролистав упомянутый американский отчет: один грамм скандия, например, в форме дендритов (их получают, осаждая чистый металл из пара) стоил в 2011 году 199 долларов (примерно в четыре раза дороже золота), а в 2007-м — 208 долларов. Это не сильно отличается от 191 доллара — стоимости грамма тех же дендритов чистотой 99,99% в 1994 году.

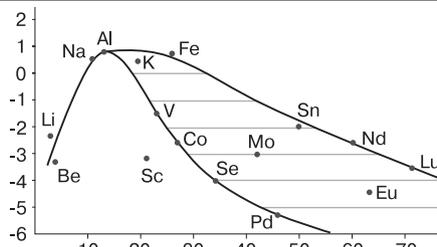
Во всей этой истории совершенно непонятно, кому нужен скандий, если производство материалов на его основе невелико и все поставщики столь хорошо известны, что обращаться к черному рынку не имеет смысла. Есть мнение, что вся процедура связана с обманом банкиров. Дорогой металл — отличное средство залога, если же он тебе достался дешево, а то и бесплатно, то можно с легким сердцем взять под него кредит, переложив на банкиров головную боль, связанную с последующей продажей дорогого, но мало кому нужного вещества. Не исключено, что советский скандий до сих пор обращается в этой далекой от материаловедения сфере.

А. Мотыляев

УЧЕНЫЕ ДОСУГИ

Скандий как бивни слона

Если представлять инопланетян подобными человеку, то напрашивается версия о посещении Земли с корыстными целями, например для добычи необходимых им материалов. Тогда в земной коре должна ощущаться нехватка некоторых элементов. Инертные газы и неметаллы вряд ли могли привлечь внимание инопланетной геологоразведки, а вот как насчет металлов? На рисунке представлена зависимость их содержания в земной коре от порядкового номера в Периодической таблице (количества протонов). Зависимость хорошо укладывается в нормальное распределение, и только скандий значительно выпадает.



Содержание металлов (lg%) в земной коре в зависимости от атомного номера

Содержание этого металла аномально низкое — примерно в сто раз меньше минимального ожидаемого значения. Отсюда можно сделать вывод: или такова природа вещей, и его изначально было мало на

нашей планете, или скандий кто-то унес, оставив обедненные им отвалы. Пример аналогичной ситуации — кладбища слонов в Африке: почти все кости целы, а бивней нет; не зная предысторию, можно составить представление об особой разновидности слона — без бивней.

Исследование областей с содержанием скандия ниже нашего земного среднего, равно как и поиск подобных, но не столь бросающихся в глаза аномалий с другими металлами может подсказать, где разработка велась особенно интенсивно, — возможно, там найдется и еще что-нибудь примечательное...

Н.А. Спивак

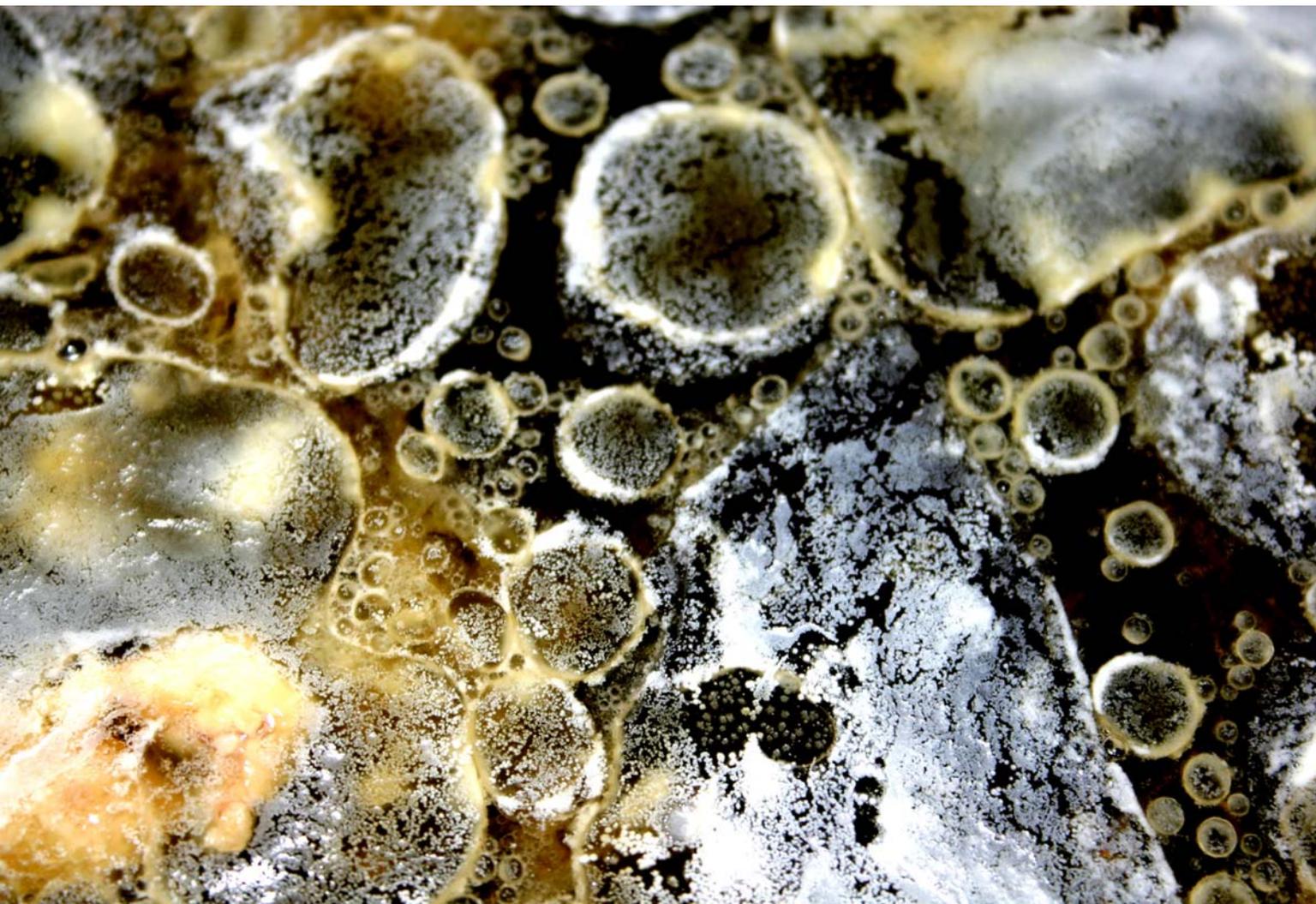


фото Mike Wiggins | Dreamstime.com

Космическая плесень и янтарь

Доктор биологических наук
В.Б.Акопян

Что за гадость этот ваш янтарь! Наверное, так отзывались бы о нем все плесени и бактерии, если бы могли говорить. За десятки миллионов лет существования янтаря так и не нашлось ни одного микроба-смельчака, рискнувшего продегустировать это чудо природы. И это дает нам очень важную подсказку...

Во второй половине прошлого века человек начал осваивать космос. Вместе с космонавтами на космические станции без всякого разрешения отправились и многочисленные микроорганизмы, постоянно сопровождающие людей. В

космическом доме они нашли все, что нужно: тепло, влагу, летучие вещества из пота космонавтов, а также немного кожных чешуек, чуть-чуть перхоти и фрагментов волос.

Впервые ученые столкнулись с этой проблемой в 1980 году на станции «Салют-6». Тогда экипаж впервые обнаружил белый налет на внутренних поверхностях орбитального дома. Образцы налета доставили на Землю, изучили и выяснили, что это плесневые грибы: аспергиллы, пенициллы и фузариумы. На станции «Салют-7» плесень начала расти в разьемах и кабелях рабочего отсека. И не просто росла, но еще и портила материал, изменяя его структуру и «прогрызая» изоляционную ленту до дыр.

Казалось, плесень чувствует себя комфортно на поверхности из любого материала. Даже на иллюминаторах из

кварцевого стекла в эмалированной титановой оправе. После возвращения на Землю одного из транспортных кораблей «Союз», который полгода провел на орбите в стыке со станцией «Мир», исследовали помутневшие стекла его иллюминаторов и обнаружили растущие колонии грибов, которые будто вытравили под собой сверхпрочное стекло.

Микроорганизмы находили и на станции «Мир», и на МКС. За прошедшие годы ученые открыли более двухсот видов крошечных обитателей наших орбитальных кораблей. Все образцы хранятся в Институте медико-биологических проблем, где их исследуют со всеми предосторожностями. Мы уже знаем, что это существа земного происхождения, но отличает их невероятная агрессивность и прожорливость. Металл, стекло, полимеры и пластик — все им по зубам.

Освоиться на новом месте микроорганизмам помогает повышенный радиационный фон, увеличивающий вероятность появления мутаций. Клетки микроорганизмов делятся каждые 10—30 минут, так что за сутки сменя-



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

ются несколько десятков поколений, и в каждом поколении выживают и дают жизнестойкое потомство те клетки, которые оказались наиболее приспособленными к новым условиям.

Все это не так уж ново для нас. Мы знаем, что микробы умеют приспособляться и к невероятной высоте, измеряемой десятками километров (верхние слои атмосферы), и к экстремальной глубине, где давление достигает тысяч атмосфер. Их можно встретить в Мертвом море, безжизненной пустыне, в горячих источниках и во льдах. Микроорганизмы обнаружены в охлаждающих атомные реакторы водах, где они выдерживают в тысячу раз более высокий уровень радиации, чем человек. Впрочем, и более сложные организмы адаптируются к меняющимся условиям среды.

Нелегко бороться с такими изворотливыми соседями, которые грозят слопать оборудование вместе с обшивкой космического корабля. Космическую станцию не проветришь, во всех труднодоступных местах влагу не сотрешь, а именно там начинают расти бактериальные пленки и плесень. По-

началу микроорганизмам достаточно привычных питательных веществ. Затем они принимаются за малопригодные для еды материалы.

Постепенно космическая станция превращается в «инкубатор мутантов» — бактерий и плесневых грибов с новыми свойствами. Они не только выживают в условиях космической станции, но и вызывают биокоррозию, иными словами, выделяют продукты жизнедеятельности, разрушающие поверхности пластмасс, электроизоляционных материалов и даже металлов, из которых изготовлены провода и корпус самой станции. Велика вероятность того, что изначально безвредные микроорганизмы в результате мутаций могут стать причиной заболеваний и источником сильнодействующих токсинов.

Конечно, во всем можно найти хорошую сторону: на космических станциях обживаются микроорганизмы, способные решить проблему переработки практически любых отходов на земных мусорных свалках. Но как защитить саму станцию от превращения в груды мусора? Влажная уборка, антисептиче-

ские салфетки, пылесос, местный подогрев... Весь этот арсенал домохозяйек сегодня используют и космонавты на борту МКС. Можно воздействовать на негодных одноклеточных химическими методами. Однако различные средства защиты поверхностей, содержащие летучие растворители, ароматические вещества или синтетические компоненты, допустимо использовать только в хорошо проветриваемых помещениях, для герметичной орбитальной станции они непригодны.

Недавно разработанный отечественный препарат «Велтогран» в качестве основного действующего вещества содержит клатрат четвертичного аммониевого соединения с карбамидом. По описанию авторов, это универсальное, высокоэффективное дезинфицирующее средство в виде гранул, растворимых в воде. Раствор распыляют в помещении даже в присутствии людей, поскольку он безопасен.

Однако, снимая шляпу и низко кланяясь успехам химии, можно заметить у себя под ногами кусочки янтаря, образовавшегося из смолы древних прародительниц сосны.

Успехи химии на время отодвинули природные противомикробные соединения на задний план. Но вскоре выяснилось, что бактерии быстро адаптируются к антибиотикам, что многие новые синтетические препараты обладают нежелательными побочными эффектами, а некоторые современные бактерицидные соединения весьма токсичны для человека и животных.

«Доказательством того, что янтарь образовался из выделений сосны, — заметил Плиний Старший в середине первого столетия нашей эры, — служит запах соснового дерева, возникающий при горении янтаря». Между смолой сосны и янтарем действительно много общего. Они похожи по цвету, по запаху дыма, по составу, по способности препятствовать размножению и росту бактерий и плесеней.

Сосновая смола — сложная смесь смоляных и водорастворимых кислот, фенолов, высших спиртов, летучих веществ. Она практически не растворима в воде, но растворяется или набухает в органических растворителях. Наши предки широко применяли ее как антикоррозийное средство для металлических изделий, использовали свойство сосновой смолы предотвращать гниение — смолили лодки, каналы и рыболовные снасти, деревянные строительные конструкции и паклю. В Древнем Египте ее вводили в бальзамирующие составы, а позднее добавляли в качестве антисептического, ароматического и лечебно-профилактического компонента в мыла, шампуни и пластыри.

Ученые Государственного научно-исследовательского института биосинтеза белковых веществ (ГосНИИсинтезбелок) разработали новые технологии, с помощью которых смолу сосны и другие смолоподобные вещества можно перевести в безопасные водные суспензии и распылять их в помещении. Количество микробных клеток при этом быстро снижается. Идею подсказали пропитанные смолой сосны кусочки тканей из гробниц фараонов, за 3000 лет не потерявшие своих бактерицидных свойств.

Однако здесь есть небольшая проблема. Аэрозоли из сосновой смолы пахнут, и это не всем нравится. А сделать из них карандаши, чтобы обрабатывать поверхность и тем самым защищать ее от размножения микроорганизмов, тоже не получается: смола легко размягчается, не дает пленки и поверхность будет липкой. Вот почему исследователи переключили свое внимание на янтарь. Он по составу близок к смоле, известен теми же антисептическими свойствами, но плавится лишь при 350 градусах и может давать прочную, стойкую пленку на поверхности. Вопрос — как эту пленку сделать.

Янтарь непросто превратить в форму, удобную для нанесения на поверхность. Он лишь частично растворяется в спирте, эфире, скипидаре, горячих растительных маслах. Однако алхимики Средневековья нашли способ готовить прекрасные янтарные лаки на основе сохнувших растительных масел. Эти лаки применял Страдивари и другие мастера, оставившие нам уникальные по звучанию музыкальные инструмен-

ты, ими пользовались и художники; покрытые янтарным лаком полы в музейных залах дворцов практически не истираются под ногами многочисленных посетителей.

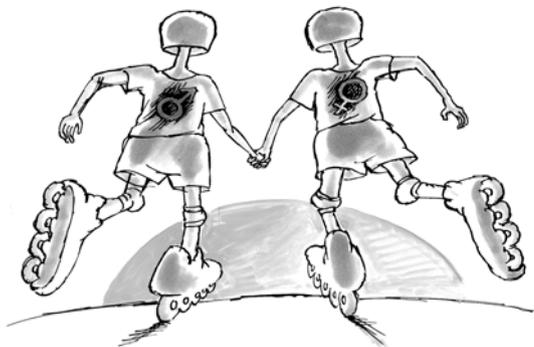
Однако масляные лаки сохнут довольно долго, пользоваться ими в невесомости для защиты поверхности, которую облюбовала плесень, затруднительно, да и пахнут они растворителем, а это вовсе недопустимо в закрытом помещении. Этих недостатков лишены восковые карандаши, содержащие янтарь, смолу сосны, прополис и некоторые натуральные вещества, обеспечивающие защитной «помаде» подходящую консистенцию, необходимую твердость, «намазываемость» и другие удобные свойства.

Для испытания препаратов с янтарем, смолой сосны и прополисом исследователи использовали капрон, который натянули на пальцы, вырезанные из пластмассовых бутылок. Часть палец с капроном, покрытых составами, содержащими янтарь, и необработанные образцы поместили в стеклянную емкость, в которую добавили клетки плесени и бактерий.

И через две недели, и через два месяца, и через четыре на пальцах, покрытых препаратами с янтарем, не оказалось и следов плесени или бактериальных колоний, а все остальные поверхности, в том числе и стенки стеклянной емкости, покрылись толстым лохматым слоем.

Будут ли янтарные препараты так же хорошо работать и в условиях космических станций, покажут дальнейшие опыты. Надежда есть!

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 первое полугодие 2013 года с доставкой по РФ — 780 рублей, при получении в редакции — 540 рублей. Об электронных платежах см. www.hij.ru.



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.

Неравенство



ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ

Л.Стрельникова

Лет пять назад на одной из улиц в Вашингтоне ко мне подошел симпатичный молодой парень лет двадцати — двадцати пяти и с улыбкой попросил десять долларов. Я опешила, но все же поинтересовалась: «А зарабатывать не пробовали?» — «Так я и зарабатываю! — еще шире улыбнулся он. — Не хотите поделиться — никаких проблем и претензий, это ваше право». — «Но подождите, — не унималась я, — почему бы вам не устроиться в компанию и не получать гарантированную зарплату». — «Работать на чужого дядю и набивать его карманы? Ни за что. Это несправедливо». На мой-то взгляд, молодой человек — просто бездельник. Но проблема есть, и она не так проста. Многие молодые люди в США сегодня отказываются идти внаем и предпочитают найти любой способ «справедливого» заработка, когда связь между трудом и его оплатой очевидна.

Мы знаем, что несправедливая оплата труда прижилась и на нашей земле — руководители и администрация корпораций получают несравненно больше рядовых сотрудников. Но,

полагаю, масштабы этой катастрофы вас все-таки удивят. Здесь мы уже не только догнали, но даже в чем-то и перегнали Америку.

Интересное и важное исследование природы и факторов внутрикорпоративного неравенства в России выполнили сотрудники Института экономики РАН — доктора экономических наук М.И.Воейков и Э.Н.Соболев и кандидат экономических наук Г.В.Анисимова. Результаты исследования опубликованы в «Вестнике Российского гуманитарного научного фонда» (2012, № 3 (68), с. 43—51). Статистика, анализ и выводы по этому вопросу стали достоянием общества. Итак:

«Доходы топ-менеджеров и средняя заработная плата в типичной корпорации во Франции отличаются в 5—6 раз, в Японии — в 8—9 раз, в США — в 20—25 раз. По последним данным, в США (2004 г.) разница между вознаграждением генеральных директоров корпораций и средней заработной платой рабочего составила 392 раза. «Мы видим, — пишет американский исследователь этого вопроса Д.Богл, — как вознаграждения генеральных директоров корпораций за успешную работу стали доходить до 92, 125, 151 и даже —

Внутрикорпоративное неравенство оплаты труда (2010 год)

Компания	Индекс корпоративной несправедливости	Численность сотрудников	Вознаграждения руководства, руб.	Зарплата сотрудников, руб.
Банк «ВТБ-24»	181,49	18 347	8 604 074	47 408
«Банк Москвы»	130,64	10 258	10 073 891	77 114
РЖД	120,26	969 662	2 853 715	28 948
«Славнефть»	112,65		4 428 143	39 310
Банк «Русский Стандарт»	109,76	22 196	2 630 484	23 966
«Северсталь»	108,23	84 891	4 378 190	40 454
«Газпром»	88,32	393 000	5 203 333	58 918
«Интегра»	88,08	15 000	3 571 740	40 552
Сбербанк	85,33	257 046	3 866 183	45 200

хотите верьте, хотите нет — 872 млн. долларов. На одного человека в год!»

«...На российских предприятиях дифференциация доходов также может достигать сотен раз. Например, исследование более 20 крупных холдинговых компаний разных отраслей экономики показало, что в 2003 году в их центральных управляющих компаниях наемные управленцы первого уровня в среднем зарабатывали 1 029 00 долларов в год (включая оклады и бонусы), а менеджеры второго уровня — 297 000. В тот же период средняя заработная плата по промышленности составляла 6 626,5 рублей в месяц, или примерно 2 840 долларов в год». То есть доходы различались в 360 и 104 раза соответственно.

В 2008 году топ-менеджеры в России зарабатывали (хотя, в данном контексте, скорее, получали) значительно больше своих собратьев по разуму в западных странах. Согласно исследованиям, проведенным консалтинговой фирмой «Нау Group» в 51 стране, Россия по этому показателю находится на девятом месте в мире, уступая только нефтедобывающим странам Ближнего Востока.

Авторы статьи опубликовали любопытную таблицу, в которой приведены сведения о нескольких крупных компаниях. Она составлена на основании данных официально публикуемой отчетности 55 крупнейших российских компаний. Индекс «корпоративной несправедливости» представляет собой отношение размера выплат ключевому руководству компаний в пересчете на месяц к величине среднемесячных зарплат остальных сотрудников.

«Первую строчку рейтинга занял банк «ВТБ-24». Он увеличил выплаты правлению за 2010 год почти вдвое по сравнению с предыдущим годом (930 млн. рублей против 585 млн.). Вознаграждения руководству значительно увеличили многие российские банки: «Банк Москвы» выплатил топ-менеджерам втрое больше, чем за 2009 год; вознаграждение членов правления Сбербанка более чем удвоилось; банки «Русский Стандарт», «Промсвязьбанк» и «Хоум Кредит энд Финанс Банк» также увеличили выплаты руководителям более чем в два раза. Зарплаты рядового персонала банков при этом остались примерно на прежних уровнях».

Но это банки, что с них взять, как не деньги! Может быть, в других отраслях, производительных, все обстоит иначе? Увы, нет. Исследования, проведенные на строительных предприятиях Сургута, показали, что и здесь укрепляется неравенство в оплате труда. «Если в 2008 г. средняя заработная плата высшего руководства примерно в 10 раз превосходила среднюю заработную плату рядовых работников, то к 2011 г. разрыв составил почти 20 раз. При этом если в 2008 г. размер зарплаты рядовых работников был меньше средней на предприятии примерно в 4 раза, то уже к 2011 г. — более чем в 7 раз». Помимо нарастающего неравенства авторы статьи отмечают еще одну тревожную тенденцию: сближаются заработки квалифицированных и неквалифицированных работников. А это значит,

что образование, квалификация и профессиональный опыт перестают играть значимую роль в оплате труда.

Система архинесправедлива, ведь бонусы топ-менеджеров зачастую не зависят от результатов деятельности предприятия, а рекордные убытки и даже фактическое банкротство сопровождаются рекордными же выплатами вознаграждения высшему руководству.

Почему это происходит? Авторы исследования дают вполне четкие ответы на этот вопрос.

В прежние годы, когда у нас была планово-административная система, «государство практически определяло не только политику оплаты труда, но устанавливало основные параметры ее организации в народном хозяйстве». К ним относились минимум заработной платы, тарифные сетки и ставки по отраслям, районные коэффициенты к заработной плате, надбавки и доплаты за вредные и тяжелые условия труда и др. В советское время многие предприятия располагали квалифицированными службами нормирования труда. Методологическую поддержку в этой области оказывали отраслевые НИИ. Но с начала 1990-х годов ситуация резко изменилась. Все эти службы ликвидировали за ненадобностью. «Лишь на некоторых предприятиях, например в естественных монополиях, эти службы сохранились, да и то только потому, что заработная плата является одной из составляющих регулируемых государством тарифов». <...> «Реализацию функций заработной платы государство переложило на предприятия, что проходило под лозунгом предоставления им больших прав и самостоятельности».

Высший менеджмент предприятий не замедлил воспользоваться предоставленной возможностью, чтобы увеличить свои личные доходы за счет сотрудников предприятий. И началась тотальная минимизация затрат на рабочую силу. Сегодня оплата труда часто «оказывается ниже стоимости воспроизводства рабочей силы: около 40% работающих живут ниже, на уровне или чуть выше черты бедности». Так, за счет своих работников руководители предприятий решали и решают проблемы выживания, предпринимательских рисков и личного обогащения. Одним словом — эксплуатация.

Понятно, что при отсутствии тарификации и нормирования оплаты труда растет субъективизм оценки трудового вклада. Сегодня «работодатели всех секторов экономики большое значение придают личным качествам работника, не поддающимся количественному измерению (например, лояльность фирме, неконфликтность, умение расположить к себе, наличие полезных связей и т. п.)». В результате работники не понимают, по каким критериям оценивается их труд и формируется оплата. То есть, зарплата утратила свою трудовую природу.

Авторы называют следующие факторы, формирующие растущее неравенство в оплате труда: «недоплата квалифицированной рабочей силе, «сверхгибкая» политика оплаты труда; сведение к минимуму социальных фондов; неис-

полнение положенных по закону выплат и льгот; отсутствие профсоюзов или невыполнение ими своих защитных функций в отношении оплаты труда».

К чему это привело и еще приведет? Авторы исследования пишут, что «для любой формы материального вознаграждения существует минимальный уровень, за чертой которого его поощрительная функция не воспринимается, а рассматривается как компенсация за потраченное на работе время». В устах наемного работника это звучит примерно так: «Сколько платят, на столько и работаю». Кроме того, хорошим стимулом для работников служат межпрофессиональная и внутривидовая дифференциации в оплате труда. Ее тоже нет. Доцент в вузе получает меньше уборщицы в офисе коммерческой фирмы, а начальник цеха на производстве – меньше, чем секретарша директора корпорации. Авторы исследования делают вывод, что «сегодня ни уровень оплаты труда, ни дифференциация трудового дохода не побуждают к инициативному, добросовестному, высокоэффективному труду».

Одна из важнейших мотиваций труда — справедливость. «Понятно, что ни о какой справедливости в распределении доходов в российских корпорациях не может быть и речи. А это значит, что нынешняя экономика России не обеспечивает необходимую мотивацию труда, его производительность и качество, не создает условия для повышения трудовой морали работников, престижа труда в системе жизненных ценностей человека».

Слаб человек. Трудно ему устоять перед искушением обогатиться за чужой счет, если система позволяет и «все так делают». Можно было бы, конечно, вспомнить о совести. Но совесть – категория не экономическая. К сожалению.

Однако у каждой медали есть две стороны. Возможно, мы наблюдаем, как на наших глазах подрастает и набирает жирок будущий могильщик капитализма — топ-менеджмент. Из-за своей ненасытности он с неизбежностью угробит крупные корпорации (что уже и происходит), и капитализм погубит себя сам.



Женщина и кризис

ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ

«Коня на скаку остановит, в горящую избу войдет», а еще возьмет большую клетчатую сумку и поедет в Польшу, Китай или Турцию за товарами либо переквалифицируется из научного работника в сотрудника банка, спасая от голодной смерти детей и мужа, месяцами не получающего зарплату. Этот последний сюжет к представлению Некрасова о русской женщине добавила экономическая катастрофа, сопровождавшая перестройку и крах Советского Союза. Активность наших женщин на ниве новых экономических отношений в значительной степени способствовала выживанию в те нелегкие годы, тогда как не худшие представители сильной половины пребывали в депрессии вместо активных поисков своего места в новой ситуации, и у многих это состояние не закончилось по сию пору. Такая смена ролей — что это, особенность русского этноса на современном этапе его развития или явление более общего порядка? Возможный ответ подсказывает исследование экономистов из Нью-Гемпширского университета во главе с Кристиной Смит (агентство «NewsWise», 4 декабря 2012 года). А изучали они изменение доли заработка женщин в доходе американских семей в последнюю четверть века.

За это время в США случились три экономических кризиса и соответственно три спада производства. Первый длился с июля 1990 по март 1991 года — тогда цены на нефть настолько снизились, что обрушили экономику СССР. Второй (март-2001 — ноябрь-2001) был вызван взрывом фондового пузыря акций интернет-компаний (так называемый пузырь дот-ком). Третий продолжается

до сих пор, хотя официально период Великой рецессии, который экономисты изящно назвали еще и «периодом отрицательного роста», длился всего 18 месяцев, с декабря 2007 до июня 2009 года. Во время каждого из трех кризисов, как и положено, падала покупательная способность, снижались реальные заработные платы и росла безработица. Например, в Великую рецессию американцы потеряли 8,7 млн. рабочих мест, из которых к ноябрю 2012 года восстановилась только половина — 4,2 млн., причем если уровень бедности семей перестал меняться, то доходы продолжают падать.

Сильнее всего кризис ударил по мужчинам — именно на них, особенно на работающих в строительстве и производств, пришлось 69% всех сокращений. А вот в таких ставших ныне женскими профессиями, как образование или здравоохранение, занятость в кризис, наоборот, выросла. И это неминуемо сказалось на вкладе женщин в бюджет семьи: за двадцать пять лет он вырос на 10% — с 38% в 1988 году до 48% в 2012-м. Рост был хоть и стабильным, однако неравномерным: в кризисы 1990 и 2008 года он оказался взрывным — на 3% и на 4% соответственно. Фактически теперь почти достигнуто финансовое равноправие полов в американской семье, а если брать супружеские пары, в которых уровень образования мужа невысок (он не закончил колледж), то окажется, что жена уже стала главной добытчицей: ее доля — 51% от бюджета семьи. В образованных семьях до этого еще далеко, там жена приносит лишь 42%. Так или иначе, тенденция налицо, и ни разу, даже после окончания кризиса, ситуация не

возвращалась к исходному распределению. Мужья, потеряв работу, теперь занимаются домашним хозяйством, воспитанием детей и вообще больше времени проводят в семье. Впрочем, авторы исследования отмечают, что перераспределение ролей мужчины и женщины в семье в период экономических трудностей требует более обстоятельного исследования.

Если же копаться в истории, то нетрудно найти свидетельства, что подобного рода превращения не раз случались во времена перемен. Вот хотя бы слова из самурайского трактата «Хагакурэ» Ямамото Цунэтомо, сказанные во времена, когда Япония от самурайской вольницы переходила к бюрократическому единению под знаменем сёгуна из дома Токугавы: «По словам одного человека, несколько лет тому назад Мацугума Кёан рассказал такую историю: “В практике медицины известно разделение лекарств на инь и янь, в соответствии с мужским и женским началами. Женщины отличаются от мужчин даже пульсом. Но в последние пятьдесят лет пульс мужчин стал таким же, как пульс женщин. Заметив это, я применил одно женское глазное лекарство при лечении мужчин и обнаружил, что оно помогает. Когда же я попробовал применить мужское лекарство для женщин, я не заметил улучшения. Тогда я понял, что дух мужчин ослабевает. Они стали подобны женщинам, и приблизился конец мира. Поскольку для меня в этом не может быть никаких сомнений, я хранил это в тайне”».

С.Анофелес

Роботы: неминуемое нашествие

Доктор технических наук

Д.А.Рогаткин, Д.Г.Лапитан

Фактически оно уже началось. Их предки давно помахивают стальными лапами на заводских конвейерах — сваривают детали самолетов, собирают автомобили, пылесосы, кофеварки, компьютеры. А их старшие братья — стиральные и посудомоечные машины, системы управления поездами, автопилоты самолетов, автоматы, поящие вас кофе. Все они — роботы.

На рубеже веков начался прорыв в бытовой робототехнике. Базой для него стали:

- массовое производство доступных и дешевых разнообразных деталей для роботов;
- массовое производство компьютеров;
- развитие программного обеспечения и достижение состояния, когда некоторые школьники могут писать программы управления роботами.

Но что это такое — робот?

Что такое робот

Словарь по естественным наукам: «Робот — это электронно-механическое устройство, способное к целесообразному поведению в условиях изменяющейся внешней обстановки и выполняющее рабочие операции со сложными пространственными перемещениями». Толково-словообразовательный словарь: «Робот — автоматическое устройство с антропоморфным действием, которое частично или полностью заменяет человека при выполнении работ в опасных для жизни условиях или при относительной недоступности объекта». Толковый словарь: «Робот — автомат, осуществляющий действия, подобные действиям человека». Большая советская энциклопедия дополняет: «Термин “робот” был впервые введен К. Чапек в пьесе “R.U.R.” (1920), где роботами называли механических людей. С развитием робототехники определились три разновидности роботов: с жесткой программой действий; управляемые человеком-оператором и с искусственным интеллектом (иногда называемые интегральными), которые действуют целенаправленно (“разумно”) без вмешательства человека».

Ни в одном определении не упоминаются компьютеры — энциклопедии отстают от жизни. В Интернете можно найти более современные определения, вот одно: «Робот, или бот (часто используемое в

сети жаргонное сокращение) — специальная программа, выполняющая автоматически и/или по заданному расписанию какие-либо действия через те же интерфейсы, что и обычные пользователи».

Сегодня роботами называют и программы автоматической рассылки электронной почты, и манипуляторы, предназначенные для автоматического подъема тяжелых грузов, и различные самоходные тележки и вездеходы, и стиральные машины, и автопилоты самолетов... Что у них всех общего? Общее у них — выполнять работу за человека, автономно, даже при некотором изменении внешних условий. Иными словами, робот способен изменять поведение в зависимости от ситуации, «принимать решения», как поступить в том или ином случае.

Робот сегодня — это электронно-механическое устройство с компьютерной начинкой и программами для анализа ситуаций и принятия решений. Это не одна голая программа. Одна программа — это в лучшем случае так называемый искусственный интеллект. А робот должен самостоятельно двигаться, шевелиться (если, конечно, это не сетевой бот). В некоторых случаях, правда, мы к роботам причисляем и роботы-манипуляторы, которые частично управляются программой, а частично человеком. Но в целом можно считать полезным следующее определение: «Электронно-механическое устройство с управляющим компьютером, способное автономно

выполнять работу за человека (а для медицины иногда и за отдельные органы человека) без его вмешательства».

Роботы в быту и учебе

Образ человекоподобного робота (андроида), созданного человеческим гением для выполнения тяжелой или монотонной работы, в частности по дому, нередко встречается в фантастических произведениях. Но технология роботостроения стала развиваться в направлении создания программируемых роботов-помощников для решения отдельных бытовых задач: роботов-пылесосов, роботов для мытья пола, для чистки бассейнов, газонокосилок и нянек. О некоторых из них мы уже писали (см. «Химию и жизнь», 2010, № 12). В 2002 году состоялась презентация первого робота-пылесоса «Trilobite» фирмы «Electrolux» (Швеция) с ценой всего около 3 тысяч долларов (полугодовая зарплата домработницы в то время в России). Сегодня лидер в этой области — робот-пылесос «Roomba» американской компании «iRobot» (фото 1). Он сам составляет карту помещения, сам находит зарядное устройство и производит уборку; при необходимости может управляться дистанционно. Фирма была основана в 1990 году, но первая модель бытового робота-пылесоса появилась только в 2002 году. Потому что «iRobot» изначально специализировалась не на бытовых роботах-пылесосах, а на по-



РАДОСТИ ЖИЗНИ



1
Робот-пылесос «Roomba» от «iRobot»

ставках для Пентагона: там много всего надо пылесосить.

Сейчас фирм, предлагающих купить робот-пылесос, более ста, однако производителей можно пересчитать по пальцам. Сегодняшние роботы-пылесосы оборудованы инфракрасными (ИК) или ультразвуковыми локаторами, многие имеют свою станцию зарядки и способны на нее возвращаться, могут производить уборку по графику и в указанное время. Есть у них и слабое место: ИК-датчики некоторых моделей роботов, работающие на отражение в ближней ИК-области спектра, не видят черных кошек, наезжают на них, и у ксик возникает стресс.

Роботы умеют убирать двор, чистить бассейн, стричь газон, мыть машину и ухаживать за садом (ну какой сегодня дом без сада?). Чистильщики бассейнов (фото 2) плавают на поверхности воды, заряжаясь от солнечного света, и при этом засасывают в себя мусор. Некоторые модели чистят также дно бассейна, стены и ступени. Достаточно опустить робот в бассейн, включить его, и он примется за работу.

Одна из разновидностей бытовых роботов — роботы-игрушки. Самый известный пример — собачка «AIBO» японской корпорации «Sony» (фото 3, 1999 год). Она ходила, видела окружающие объекты видеочамерой, распознавала команды и лица, имела датчики температуры, ускорения, вибрации, расстояния и громкоговоритель. Собачка могла учиться и развиваться, основываясь на

2

Робот для чистки бассейнов «Verro 500»



побуждениях своего хозяина, в зависимости от обстановки или поведения другого «AIBO». «Инстинкты» диктовали ей двигаться, удовлетворять любопытство, играть с хозяином, самостоятельно подзаряжаться и просыпаться после сна. Разработчики утверждают, что у «AIBO» есть «настроение» и шесть чувств: счастье, грусть, страх, антипатия, удивление и гнев.

На рынке есть и шагающий робот «Robosapien» компании «WowWee» (Гонконг), и робот-динозавр «Pleo», а компания «FutureBots Labs» (США) разработала гуманоидного робота «KATE», Kids Avatar Teacher and Entertainer, то есть Детский обучающе-развлекательный аватар (фото 4). Он претендует на универсальность — это адаптируемая платформа, пригодная для широкого круга деятельности, в противовес узкоспециализированным агрегатам, которые преобладают на рынке сегодня. «KATE» может быть и медсестрой для пожилых и для лежачих больных, может развлекать и обучать детей. Он наделен не только зрением и слухом, но и обонянием, и речью благодаря программе-синтезатору. Необычная черта KATE — артикулирующие «рот» и «губы»; это, по мнению создателей, должно облегчить общение с детьми. Обоняние нужно роботу-няньке: «почуввав» избыток CO₂, CO или природный газ, при превышении ПДК он отправит сигнал родителям и оповестит ребенка. Кроме того, он контролирует уровень влажности воздуха, а зрение у него стереоскопическое (поэтому глаза широко расставлены) и дублируется ультразвуковыми сенсорами, чтобы ориентироваться в дыму и в темноте.

Важно, что механизм KATE целиком модульный, он собран не из специально разработанных компонентов, а

3

Робот-игрушка «AIBO» от фирмы «Sony»



4

Робот-нянька «KATE»



РАДОСТИ ЖИЗНИ

из повсеместно продающихся. «Мозг» — процессор Intel Atom 450 на 1,5 ГГц, операционная система — Windows XP. Он распознает речь и жесты, узнает хозяина и ребенка, может их, как культурный робот, приветствовать.

Еще один вид роботов — информационные, например «R.Bot 100» (фото 5) компании «Лаборатория трехмерного зрения» (<http://3detection.ru>). Эта российская компания основана в январе 2005 года под руководством доктора технических наук, профессора МГТУ им. Н.Э.Баумана В.Я.Колучкина. Основу коллектива составляют выпускники, аспиранты и студенты ведущих вузов страны. Специализация компании — инновационные промышленные проекты в области высокотехнологичных оптико-электронных приборов, систем видеонаблюдения и технического зрения. Это первый российский робот, управляемый оператором удаленно, через Интернет, при этом оператор видит и слышит все, что происходит рядом с роботом, который может перемещаться и общаться с окружающими людьми. Робот нетороплив, его скорость — 2 км/час по относительно ровной поверхности, но он умеет преодолевать пороги и кабельные каналы. Сейчас в одной из школ Москвы идет эксперимент по дистанционному обучению мальчика-инвалида с применением технологии «R.Bot». Мальчик

5

Российский робот удаленного присутствия «R.Bot 100»



учится в школе через робота, управляя им из дома; робот перемещается из класса в класс и даже отвечает у доски.

Доступность комплектующих элементов к роботам, относительная простота их программирования с использованием стандартных компьютерных программ и увлекательность этого процесса породили мощное движение по всему миру — студенты и школьники старших классов создают роботов для участия в самых различных состязаниях. Подобные соревнования описаны в фантастической трилогии «Астровитянка» Ника Горькавого: «Полоса препятствий для киберов была широко известна в Колледже Эйнштейна как «Дорога плача». Простая и гладкая как стол первая часть трассы переходила во вторую, имитирующую холмистую пустыню из рыхлого песка. Твердая третья зона была усеяна гравием — от горошины до грецкого ореха. В четвертой зоне размер камней быстро рос, пока перед испуганными глазами и другими расстроенными чувствами бедного робота не возникал каменный хаос из угловатых камней арбузного калибра. О, сколько киберголов было сложено на этих коварных скалах!»

На самом деле это вовсе не фантастика. Уже сегодня проходят соревнования по футболу среди роботов, по ориентированию, по борьбе сумо и так далее. Например, Всемирная олимпиада роботов (World Robot Olympiad, WRO) проводит соревнования для школьников в возрасте от 10 до 17 лет. Сейчас в ней участвуют более 1000 ребят из 32 стран. В России соревнования по робототехнике стали проводиться примерно с 2000 года. Сначала проходят соревнования в регионах, затем в Москве, в Академии приборостроения и информатики (где собираются победители регионов), а потом финалисты едут в другие страны для участия в международных соревнованиях. Команды из России показывают хорошие результаты и занимали призовые места на WRO.

Для поддержания процесса «всеобщей роботизации» подрастающего поколения компания «LEGO» (Дания) с 1998 года начала выпуск конструктора «LEGO Mindstorms», который позволяет создавать программируемых роботов. Это набор стандартных деталей «Лего» и набор из сенсоров, двигателей и программируемого блока. Во многих странах этот набор применяют для обучения в школах и колледжах. Пока игрушки, но через десять лет те, кто сегодня собирает игрушечных роботов, начнут создавать роботов не только для развлечения и дома, но и для работы — для офисов, лабораторий, для военных предназначений, для медицины. Читателям «Химии и жизни» ближе биология и медицина. Как там обстоят дела с роботами?

Роботы в медицине

Первый мобильный робот «AMS-car» нес свою нелегкую службу в государственной больнице города Фэрфакс (США, штат Вирджиния) и перевозил контейнеры с подносами для питания больных. Заступил на дежурство он в середине 1970-х годов, и с того момента идея внедрения роботов в здравоохранение витала в воздухе. Американский инженер и предприниматель Джозеф Энгельбергер, которого после создания первой в мире частной фирмы по производству программируемых автоматов стали называть «отцом робототехники», говорил, что больницы — идеальное место для использования роботов: ведь там нужно терпеливо и точно выполнять множество рутинных и не всегда приятных процедур. Как рассказывается в нашем научном обзоре (ссылка в конце статьи), недавно в США пациенты одной из клиник Балтимора стали участниками подобного эксперимента. В отсутствие лечащего врача пациентов отделения нейрохирургии навещает не обычный дежурный, а электронный киберврач «Бари» (см. фото в начале статьи). «Доктор робот», как его называют в клинике, осматривает пациентов, расспрашивает их о проблемах и даже дает советы медицинским сестрам. Этот робот (тоже, правда, не совсем автономный, а робот-манипулятор, как и российский «R.Bot 100») оборудован камерами, экраном и микрофоном; он позволяет лечащему врачу проверять состояние больных и общаться с ними, находясь в любой точке земного шара. Все просто, но почему-то у пациентов, наблюдавшихся с помощью «Бари», достоверно уменьшался срок послеоперационной реабилитации. Видимо, повышенное внимание со стороны врача-робота,

его забота и участие — важный психологический фактор в лечении многих заболеваний.

Медицинских роботов-манипуляторов много, наиболее известна хирургическая система «Да Винчи» производства компании «Intuitive Surgical», США (фото 7). За счет повышения точности движений значительно уменьшились длина разрезов, кровопотеря, время операции и послеоперационной реабилитации. У робота четыре руки-манипулятора. Он копирует, масштабирует и фильтрует движения хирурга, сидящего за пультом управления, в частности — устраняет тремор. Специальная видеокамера позволяет проецировать на экран увеличенную трехмерную картину происходящего в операционном поле. Именно создание технологии трехмерного видения сделало возможным весь этот проект: двумерная картинка на экране монитора не позволяет оператору точно позиционировать инструмент, особенно по глубине. Основное преимущество этого робота-хирурга — создание возможности человеку-хирургу проводить дистанционно микроманипуляции без опасности совершить случайное неловкое движение (робот блокирует такие движения). Второе преимущество — сложные операции можно проводить дистанционно, не входя непосредственно в операционный блок (там находятся лишь ассистенты и младший медперсонал) и не теряя дорогого времени хирурга высшей квалификации на длительную предоперационную подготовку. В Европе и США сегодня работает около тысячи таких систем. В России робот «Да Винчи» поселился, насколько известно авторам, в Екатеринбурге, Ханты-Мансийске и Москве.

Роботы внесли новизну и в лучевую те-

7

Хирургический робот-манипулятор «da Vinci»



рапию. Высокая точность позиционирования пучка ионизирующего излучения и возможность следить за подвижной мишенью принципиально важны при облучении опухоли на таких органах, как мозг, сердце или легкие. Радиохирургический робот «Cyberknife» (Accuray INC., США) наблюдает за движениями пациента и даже его органов с помощью рентгеновской камеры и оптических маркеров на коже пациента и направляет пучок частиц из небольшого линейного ускорителя на опухоль, не задевая здоровую ткань даже при значительных смещениях пациента или органа. В больницах всего мира работает около полутора сотен этих роботов (из них около ста — в США, в РФ тоже имеются) и множество их разновидностей, например «RoboCouch» («Accuray INC.», США) и «Gamma Knife» («Elekta», Швеция).

В 1998 году в Медицинском центре для ветеранов штата Северная Каролина появился робот «HelpMate» от компании «Ruxis». Это 180-килограммовый шкаф на подвижной платформе (фото 8). Его работа — доставка лекарств, анализов, историй болезни и прочих вещей в различные подразделения Центра. «Шкаф» хорошо ориентируется в окружающей среде, умеет пользоваться лифтом и объезжать препятствия, а будучи загнан в угол игривыми пациентами, терпеливо повторяет: «Мой путь блокирован». Робот экономически эффективен — он стоил 110 000 долларов (курьер — около пяти долларов в час), но ему не нужны отпуски, страховка, социальные гарантии. Следит за роботом техник, который на складе заполняет его различными лекарствами и указывает пункт их доставки. Оптимальный маршрут робот выбирает сам.

Более новые разработки помогают транспортировать по больнице не только лекарства, но и больных. В Японии инженеры из Института физических и химических исследований совместно с

компанией «Tokai Rubber Industries» создали робота «RIBA» (Robot for Interactive Body Assistance). Он способен поднять пациента из инвалидного кресла, перенести и бережно уложить его на кровать (фото 9), помочь больному встать и поддержать его при ходьбе. Машина, похожая на медведя, оснащена множеством осязательных датчиков, которые позволяют оптимально реагировать на вес больного и его положение. Оболочка сделана из мягкого полиуретанового пластика, робот имеет неплохую маневренность, распознает голоса и лица пациентов, выполняет голосовые команды.

Часть функций операционной сестры сегодня уже может взять на себя робот «Penelope» разработки инженера Майкл Брэди и хирурга Майкл Трита из Нью-Йорка. «Пенелопа» реагирует на слова хирурга, подает и принимает необходимый хирургический инструмент во время операции и не ошибается, даже если работает в операционной 24 часа в сутки без перерыва, не выходит покурить и не обижается на любые замечания.

Осенью 2007 года в Научном центре Онтарио был показан первый в мире андроид «Aiko», который может имитировать боль и реагировать на нее. Позже появилось несколько различных моделей медицинских роботов-симуляторов человека. Они способны отзываться на совершаемые над ними манипуляции и служат интеллектуальными манекенами для тренировок молодых специалистов-врачей. Так, на Международной выставке в Токио в том же году была показана симпатичная девушка-робот «Simroid» («Simulator Humanoid»), созданная доктором Наотакэ Сибуи (Naotake Shibui) совместно с компанией «Kokoro». Робот предназначена для студентов-дантистов. Она умеет открывать и закрывать рот (фото 10), в котором кроме зубов есть много сенсоров, и, если студент-стоматолог допускает ошибку, девушка корчит гримаску, давая ему это понять. Ей можно безбоязненно сверлить и удалять зубы — она не укусит и не даст иск.



РАДОСТИ ЖИЗНИ

«Самый лечебный робот», по версии книги рекордов Гиннеса, — робот «Paco» — недавно поступил в продажу в США. Его стоимость — 5000 долларов, разработан он в Японии, где уже используется несколько тысяч этих киберсуществ для лечения или торможения нарастания болезни Альцгеймера. Робот реагирует на свет, звук и прикосновение, а при общении с людьми ведет себя как живой настоящий тюлененок, двигает головой и лапками, издает правдоподобные звуки (фото 11). Выбор животного в данном случае не случаен — «Paco» не только обаятелен, у него есть важное преимущество перед роботами-собаками и роботами-кошками. При сравнении возможностей электронного и живого существа выигрывает пока живое, но проводить такое сравнение в случае с тюленем сложнее, ведь мало кто общался с живым тюлененком. Это уменьшает скептицизм и усиливает эмоциональный контакт с роботом.

Больше всего работ сегодня ведется в области роботизированных протезов, и основная часть их — в США. Это связано и с опережающим техническим развитием, и с тем, что около 1600 военнослужащих, вернувшихся из Ирака, оказались без руки (а 24 человека потеряли обе). Министерство обороны США выделило значительные средства на разработку протезов, способных заменить верхнюю конечность. Принципиально по своей электронно-механической конструкции многие варианты схожи, но разнообразны интерфейсы для управления. Например, Дин Камен, разработчик популярных скутеров «Segway» и владелец исследовательской компании «DeKa» (США), предложил устройство, которое крепится к ступне и работает наподобие джойстика, только управляется ногой. Оснащен протез и механизмом обратной связи — человек ощущает, что прикоснулся к объекту, и может на ощупь определить свойства поверхности. Приноровиться к новому протезу нелегко, но потом им можно удерживать и маленький предмет, например карандаш. Другая версия интерфейса разработана в Чикагском реабилитационном институте. Идея разработчиков в том, чтобы снимать электрические сигналы с уцелевших нервов. Чтобы протезы

8

Робот-курьер «HelpMate»



9

Робот-помощник «RIBA»





10 Робот — манекен «Simroid»

пришли в движение, пациенту достаточно просто об этом подумать.

Стремительное развитие робототехники открывает новые возможности в медицине. Судя по научным публикациям и сообщениям, именно в последние три-четыре года произошел скачок в развитии рынка медицинских роботов, которых уже поставляют для работы в клиниках. Так что будущее, в котором в больницах трудятся всевозможные роботы и при них — инженеры по технической поддержке, становится реальным.

Заглянем поглубже

Любую сложную задачу, решаемую роботом, можно разделить на конечный набор более простых, в пределе — элементарных подзадач, шагов, которые требуется последовательно выполнить. Например, задача «вымыть тарелку» подразделяется на следующие: найти тарелку, взять ее, подойти к раковине, открыть кран с водой и так далее. Это описание может занять много времени и места, особенно при большой детализации, но в каждом конкретном случае число выполняемых элементарных алгоритмов для решения любой задачи конечно. И если для робота задан весь исчерпывающий набор элементарных алгоритмов для решения какой-либо задачи, то он пошагово всегда сможет эту задачу решить. Проблема заключается лишь в том, чтобы робот мог анализировать внешнюю ситуацию и принимать решение, какую последовательность действий ему надо выполнять в данный конкретный момент времени. Двигаться прямо или повернуть направо.

Поднять руку-манипулятор или опустить. И так далее.

Авторы этой статьи работают в МОНКИ им. М.Ф.Владимирского, в лаборатории медико-физических исследований по направлению внедрения в клиническую практику новых (сейчас модно говорить «инновационных») физических методов, приборов, технологий. Это первая в России лаборатория подобного профиля в крупном медицинском научном центре. В 2012 году Российский фонд фундаментальных исследований выделил нашей лаборатории грант на разработку научно-инженерных основ теории функционирования медицинских сервисных роботов. Мы изучали целевые функции роботов в клинике и получили формальное инженерное описание процесса функционирования робота.

Этот процесс в упрощенном виде на алгоритмическом языке можно представить себе так. Пусть робот находится в некотором текущем состоянии, в некотором помещении, в некоторой ситуации. Для перехода в следующее заданное состояние внутри робота должен существовать алгоритм, переводящий наличное состояние в желаемое. Однако

существует еще и внешняя ситуация, которая также служит исходными данными для робота и которая может изменить порядок его действий. Например, перегорожен нужный для робота проход, и робот вынужден будет объехать препятствие. А в процессе объезда может кончиться заряд аккумулятора, роботу придется съездить на подзарядку. Поэтому решение задачи будет достигаться последовательным выполнением разных алгоритмов, а не одного. Результат выполнения промежуточного алгоритма станет, совместно с новой внешней ситуацией, исходными данными для последующего алгоритма. Анализируя эти данные, робот должен определить, какой алгоритм ему сейчас надо выполнять, он должен расставить приоритеты действий в зависимости от существующей ситуации и выполнить эти действия.

Такое поведение робота называется командно-ситуационным или командно-адаптивным. Это означает, что в основе целенаправленного действия робота лежит заданная ему оператором команда (например, пропылесосить пол в заданное время), но сами действия робота определяются его способностью адаптировать решение поставленной задачи к переменным внешним условиям. Казалось бы, все просто, но в реальном мире делать это могут роботы только самых последних поколений с хорошим мощным компьютером — «интегральные роботы».

Почему мы привели эту схему и почему она важна для понимания принципа действия робота? В ней видны четыре компоненты, которые нужны для работы робота. Он должен уметь видеть, классифицировать и анализировать текущую ситуацию, то есть у него должны быть органы чувств (датчики) и вычислительные ресурсы, позволяющие обрабатывать информацию. Далее, он должен иметь блок выбора приоритетов — какой алгоритм в данный момент времени надо выполнять. При разряженном аккумуляторе, скажем, надо бросить все дела и ехать на подзарядку, иначе можно «потерять жизнь», при сближении с человеком необходимо избежать столкновения и т. д. Очевидно, внутри робота должен су-

11 Самый лечебный робот — тюлененок «Paro»



существовать этот самый набор алгоритмов. И наконец, нужен логический блок принятия решений — какое действие начинать и когда заканчивать, на основе каких условий. Все четыре компонента можно реализовать только компьютерной программой. Сегодня проблемы робототехники — это не проблемы «железа» (двигателей, шестеренок и колес), проблема — в разумном программном обеспечении.

Вот почему современный бум роботов и всеобщая роботизация пришлись только на начало нынешнего века — появилось специализированное и доступное программное обеспечение для роботов. Сегодня десятки фирм конкурируют на этом рынке. Например, в 2008 году «Microsoft» выводит на рынок «Microsoft Robotics Developer Studio» (MRDS) — Windows-ориентированную среду для программирования роботов, управления роботами и для их компьютерного моделирования. А через год уже гигант приборной индустрии — «National Instruments» — для своей платформы программирования «LabView» создает дополнение «Robotics Module», которое позволяет программировать роботов и виртуальные робототехнические системы. Более того, развитая система библиотек драйверов для различных датчиков и механических устройств в «LabVIEW» обеспечивает разработчику легкий и удобный процесс синтеза конструкции робота из набора известных узлов и блоков. Фирмы-разработчики часто выступают спонсорами различных соревнований роботов для молодежи: они пытаются «подсадить» молодежь на свое матобеспечение: освоив его, молодой человек будет и дальше использовать именно его во взрослой жизни. С другой стороны, если молодежь придумает что-то сногшибательное, грех не воспользоваться, а может, и присмотреться юному дарованию. Так в советские времена представители организаций — разработчиков радиоэлектронной аппаратуры — прочесывали выставки творчества радиолюбителей: на работу не приглашали, но идеи заимствовали.

Но и процесс программирования облегчился, появилось много библиотек и подпрограмм, драйверов к внешним устройствам. А Интернет позволяет еще и обмениваться программами. Появилось объектно-ориентированное программирование, особо удобное для описания объектов среды обитания робота. В этой парадигме программно создается некий класс объектов, например класс «стол», которому в программе приписываются присущие ему общие свойства: количество ножек, высота столешницы от пола, площадь столешницы, ее цвет, пустая она, или на столе находится какой-то другой объект, координаты расположения стола в комнате и так далее. Каждому конкретному столу

присваиваются конкретные цифровые или логические значения этих свойств, которые может видеть и различать робот. Далее с каждым из этих объектов можно программно оперировать как с единым целым — перевозить из комнаты в комнату, ставить на стол разные предметы и так далее. Получается простая и удобная картина мира.

Разумная перспектива

Современные роботы внешне ведут себя во многом сходно с живыми существами — отзываются на имя, избегают препятствия, периодически уезжают на «обед» — подзарядку аккумуляторов. Чем более развитыми становятся перечисленные выше программные компоненты, тем «разумнее» и разнообразнее становится их поведение. Поэтому фирмы постоянно пытаются развивать и улучшать эти компоненты. Создаются мощные автономные системы технического зрения, распознавания речи, образов. Нужные для них вычислительные ресурсы превосходят потребности самого решающего устройства робота. Заметим, что и у человека больше половины коры анализирует данные органов чувств и лишь сравнительно небольшие участки — области Вернике и Брока, префронтальная ассоциативная область, а также гиппокамп — ответственны за само мышление. Чтобы создать набор оптимальных элементарных алгоритмов для роботов, создаются самообучающиеся или обучаемые учителя системы. Таким образом, и в этом роботы становятся похожи на человека. Но это пока, конечно, внешнее подобие.

Могут ли роботы сравняться с человеком по интеллектуальным способностям — неясно. Если и могут, то для этого надо решить очень много очень сложных проблем. Например, известно, что поведение и мышление человека эмоционально окрашены. Человек управляет не только разумом, но и эмоциями, причем каждый по-разному (а некоторые — только одними эмоциями). Блок выбора приоритетов у робота в какой-то мере сегодня можно считать простейшим аналогом эмоций. Почувствовал голод — поезжай на подзарядку. Но как научить робота любить? Что это за чувство и как мы его «чувствуем»? А восхищаться? И самое главное на сегодня — полное отсутствие хоть какой-то логически разумной и стройной теории разума вообще.

Алан Тьюринг предложил в свое время известный тест на наличие интеллекта у робота (компьютера): если человек, общаясь с компьютером и не видя его, не сможет отличить, с кем он общается, с человеком или с машиной, значит, создан искусственный разум. Очень скоро была создана программа «Элиза», которая отчасти подражала поведению



РАДОСТИ ЖИЗНИ

врача-психотерапевта, и некоторые люди втягивались в общение с ней.

Специалист в области искусственного интеллекта Джефф Хокинс в своей книге «Об интеллекте» утверждает, что ключевой вопрос — это понятие «понимать». Мы, люди, понимаем, что делаем, а сетевые роботы, как и «Элиза», — нет. У робота нет понятия «понимать», любого человека можно спросить: «Ты понял?». Он ответит или «да», или «нет», но если спросить, а что значит «понял», то ответить ему будет сложно. Понимать — понимаем, а что это значит — не понимаем. Причем мы можем понять что-то, но не подать вида, а можем наоборот, лишь изобразить понимание (особенно хорошо это умеют делать учащиеся). Так что понимание еще и не поддается объективному оцениванию по внешним признакам. Любое научное исследование начинается с методики. Но для продвижения к пониманию «понимания», на наш взгляд, сегодня нет достаточно эффективной научной методики. Так что сказать, сможем ли мы создать разумного робота в обозримом будущем, пока нельзя. Это мнение компетентных в именно этой области специалистов.

Роботы будут множиться, совершенствоваться, осваивать новые области деятельности и догонять человека по разумности поведения. Они ворвутся во все сферы нашей жизни уже в ближайшие годы, как персональные компьютеры в конце 1980 — начале 1990-х годов. Но только после того как научные исследования приведут к пониманию, что же такое есть разум, эмоции, интуиция, только после этого можно будет ответить на самый интригующий вопрос во всей этой истории — а когда же будет создан Робот sapiens? Надеемся, вы поняли, о чем это мы. А как вы это поняли?

Что еще можно прочитать по теме статьи

Краевский С.В., Рогаткин Д.А. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов. Технологии живых систем. 2010. Т. 7. № 4. С. 3—14 (http://www.medphyslab.ru/images/publications/stat_robots_01_r.pdf).

Сайт лаборатории — www.medphyslab.ru



История долготы

Доктор
физико-математических наук
А.А. Васильев,
Институт космических
исследований РАН

Эта история началась в древнейшие времена, когда первобытные охотники, увлеченные погоней за мамонтом, оказались в незнакомом месте. «Где мы? — воскликнули они на своем языке. И добавили, подумав: — Куда нам идти, чтобы вернуться в родную пещеру?» С тех пор человек постоянно перемещался по нашей планете — пешком, на корабле, на лошадях и даже на слонах, и всегда перед ним вставали эти два вопроса: «Где я?» и «Куда мне теперь нужно двигаться?» Умнейшие и учейшие люди стремились придумать способ, который позволил бы ответить на этот вопрос как можно точнее и надежнее. По ходу дела они узнали, как расположены и движутся на небе звезды и планеты, создали карты известной им части земной поверхности, придумали, как использовать маятник для измерения времени, обнаружили спутники Юпитера, измерили скорость света. Всего не перечислишь — огромное количество научных открытий и изобретений связаны с попытками ответить на эти простые, казалось бы, вопросы. Короли и правительства назначали огромные награды тому, кто лучше ответит. Состязались выдающиеся географы, механики, астрономы... Победил часовщик. Но обо всем по порядку.



Плавание по приметам

*Сидя на крепком плоту, искусной рукою все время
Правил рулем он, и сон на веки ему не спускался.
Зорко Плеяд наблюдая он и поздний заход Волосаса,
Также Медведицу — ту, что еще называют Повозкой.
Ходит по небу она, и украдкой следит Ориона,
И лишь одна непричастна к купанью в волнах Океана.
С нею Калипсо, свет меж богинь, Одиссею велела
Путь соглашать свой, ее оставляя по левую руку.*

Это Гомер, «Одиссея», пятая песнь. Герой отплыл с острова нимфы Калипсо. А куда? Правильно, на восток. Большая Медведица оставалась от него слева, а она располагается в северной части звездного неба. Народы, жившие по берегам Средиземного моря, много путешествовали. Они ориентировались по Солнцу, по звездам, но вообще-то старались держаться поближе к берегу. Когда им приходилось отправляться далеко, спрашивали совета у богов. К VI веку до н. э. Средиземное море было изучено неплохо. Знали,

например, что оно имеет вытянутую форму. Тогда появились названия «широта» — для определения положения в направлении поперек моря, и «долгота» — для направления продольного. Тогда же Анаксимандр составил первую карту Земли, на которой суша представляла собой круг, омываемый со всех сторон Океаном. Кстати, древние греки вовсе не считали Землю плоской. В том же VI веке Пифагор учил, что Земля — это шар. (Заметим в скобках, что пифагорейцы считали центром Вселенной не Землю, а Солнце, опередив тем самым Коперника на две с лишним тысячи лет.) Правда, к своим выводам пифагорейцы приходили не путем наблюдений, а из неких высших соображений о гармонии мира. Но уже в пятом и четвертом веках никто не сомневался в том, что Земля имеет форму шара. Греки умели правильно объяснять природу лунных затмений и заметили, что тень от Земли на поверхности Луны круглая. Кроме того, они знали, почему уходящий в море корабль исчезает за горизонтом.

Отцом географии называют Эратосфена из Кирены: он нанес на карту градусную сетку — всем хорошо знакомые меридианы (направленные с севера на юг, то есть на полдень — меридиум) и параллели — идущие параллельно земному экватору. Определить широту несложно — это можно сделать по высоте Солнца в полдень либо по Полярной звезде. Но долготу так не определишь.

Рассказывают, что сам Эратосфен действовал так. В ночь перед победой Александра над персами при Гавгамелах было лунное затмение. Там его видели через два или три часа после заката, а на Сицилии, в Сиракузах, — ровно на закате. За час небо поворачивается вокруг Земли на одну двадцать четвертую часть окружности, то есть на 15 градусов. Значит, между Гавгамелами и Сицилией помещается 30 или 45 градусов. Сузить разброс по таким измерениям не получится — очень уж неточными были греческие водяные часы, которыми пользовались для определения времени.

Вот мы и столкнулись с проблемой, о которой пойдет дальнейший рассказ, — проблемой долготы. Для ее окончательного решения людям понадобится еще две тысячи лет.

Новое время

После Эратосфена люди сперва составляли все более точные карты и географические описания. Это было нужно великой державе — Римской империи, чтобы она могла управлять своими гигантскими территориями. Затем наступили Средние века. Новые властители происходили из новых народов, и, хотя многие из них старались копировать внешние формы римской жизни, это им не слишком хорошо удавалось, поскольку основ былой жизни они не понимали. Те, кто занимался науками, постепенно умерли или перешли на более высокооплачиваемую работу. Даже уцелевшие в войнах и пожарах научные книги Древнего мира мало кто мог понять. Общий упадок произошел и в географии. Чтобы в этом убедиться, достаточно взглянуть на средневековые

карты. Какие уж там широта и долгота! Большинство тогдашних «картографов» не знали даже, что Земля круглая.

Но время шло, корабли ходили, купцы путешествовали в далекие края, завоеватели тоже времени не теряли, и утраченные знания постепенно восстанавливались — частью из древних книг, частью из нового опыта. Что-то рассказали арабы и китайцы. Благодаря всему этому уже к концу XIII века у мореплавателей были астролябия для определения широты и компас, по которому можно было определять стороны света. С наступлением в XV веке эпохи великих географических открытий мореходство стало чем-то вроде исследования космоса в веке двадцатом — все лучшие умы работали над совершенствованием кораблей и методов навигации. Корабельная палуба стала лабораторией, где испытывались новейшие научные и технические достижения.

Как считается, Колумб был уверен в успехе своего плавания потому, что пользовался результатом флорентийского медика, астронома и математика Паоло Тосканелли — тот определил длину экватора с ошибкой, уменьшив ее на 12 000 км. Эта ошибка и дала Колумбу надежду доплыть через Атлантику до Индии.

В открытом море Колумб в полной мере столкнулся с проблемой определения своего местоположения: астролябия была хороша для определения широты только на берегу, а при качке давала большую ошибку, по получасовым склянкам узнавали лишь местное время, но никак не время порта отправления, так что долгота тоже оставалась неизвестной. Теоретически ее можно было бы вычислить, зная скорость и направление движения корабля, а также радиус земного шара. Но, как уже сказано, насчет этого радиуса полной ясности не было, а скорость корабля определяли на глаз с ошибкой в 10%. Направление давал компас, но и тут возникли сложности: как установил Колумб, в разных частях Атлантики стрелка отклонялась в разные стороны от Полярной звезды — это явление назвали магнитным склонением.

Собственно говоря, с такими трудностями сталкивались впоследствии все мореплаватели, выходявшие в открытое море. Зачастую правильный ответ на вопрос «близо ли берег?» найти не удавалось, и это приводило к гибели кораблей: в XVII веке в одной лишь Голландии за год пропало две-три сотни торговых судов из 15-тысячного флота.

Другой важной проблемой была политика — раздел сфер влияния на море. В XV веке соревнование шло в основном между Испанией и Португалией. Часто возникали споры — кому принадлежит тот или иной остров. Дабы разрешить все несогласия, в 1493 году папа Александр VI, испанец по рождению, издал «Демаркационную буллу». Линия демаркации была проведена вдоль меридиана, проходящего в ста лигах к западу от Азорских островов. Испании отдавались все еще не открытые земли к западу от этой линии, а Португалии — те, что лежат от нее к востоку. Это мудрое решение мало помогло: никто в то время не мог с уверенностью сказать, как расположен тот или иной остров относительно указанного меридиана.

Итак, невозможность определения положения на море и составления точных карт приносила колоссальные убытки. Метод определения долготы необходимо было найти, и великие державы стали предлагать награды математикам и астрономам, которые смогут решить задачу. Первым был испанский король Филипп III, пообещавший в 1598 году «первооткрывателю долготы» разовую выплату 6000 дукатов и пожизненное годовое содержание. Так была начата гонка «мировых держав» того времени. Позднее автор метода определения долготы с приемлемой точностью мог получить 100 000 ливров от Людовика XIV, 100 000 флоринов от Генеральных штатов Нидерландов и 20 000 фунтов от английского парламента.

Борьба за долготу

Как определить, на какой долготе находится корабль в открытом океане? Для этого нужно узнать, сколько времени сейчас в порту отплытия или в каком-то другом заданном месте (на «нулевом» меридиане). Затем разницу этого времени и местного времени (его моряки могли определять по звездам и Солнцу), выраженную в часах, надо умножить на пятнадцать (на столько градусов поворачивается Земля за один час). Все просто! Одна загвоздка — как, находясь в открытом океане, узнать, который час, скажем, в Лиссабоне или Гавре. Еще в 1530 году голландский астроном Гемма Фризиус дал простой ответ: надо взять с собой на борт часы и всю дорогу их аккуратно заводить. Этот совет, однако, был для современников совершенно бесполезным: никакие часы, существовавшие в то время, не могли идти в условиях качки достаточно долго и точно, чтобы сохранять время порта отплытия в течение всего плавания. Как быть? Объявленные огромные вознаграждения подогревали ажиотаж, и в идеях недостатка не было.

Некий доктор Берд из Великобритании предлагал пользоваться так называемой симпатической магией. Существовало представление, будто рану, нанесенную шпагой, можно вылечить, если накладывать повязки и всячески ухаживать за... клинком, нанесшим эту рану. Предложенный Бердом способ был гениален: перед отплытием корабля доктор наносит раны специально выбранной собаке. Раны и клинок обрабатываются симпатическим порошком. Затем несчастную собаку берут на борт, а клинок остается в Лондоне. В заранее оговоренное время, каждые сутки, находящийся в Лондоне ассистент погружает клинок в серную кислоту или раскаляет на огне. Собака на корабле в это время испытывает под действием магии страшные мучения, а путешествующий с ней доктор Берд тщательно фиксирует время, когда несчастный пес страдает сильнее обычного, определяя таким образом разницу во времени с Лондоном. Эксперименты проводились по заданию британской короны и хранились в строжайшей тайне. К счастью для собак, метод доктора Берда не дал положительных результатов. Этот исторический курьез послужил основой для сюжета романа Умберто Эко «Остров накануне».

Люди серьезные использовали другие методы. В 1609 году Галилей, в очередной раз пытавшийся вытрясти деньги из скупого правительства Венецианской республики (жалованья не хватало на содержание семьи и выплату приданого его сестрам), узнал об изобретении в Голландии «очков», которые позволяли увеличивать удаленные предметы. Галилей быстро изготовил подобный прибор и привез свою зрительную трубу в Венецию. В результате ему было назначено пожизненное годовое жалование в 1000 флоринов — для математика сумма небывалая! Галилей продолжал совершенствовать свои зрительные трубы, и к концу 1609 года у него уже был телескоп с 20-кратным увеличением, с помощью которого он открыл горы и кратеры на Луне, а также установил, что Млечный Путь — это скопление бесчисленного множества звезд. В январе 1610 года, наведя свою трубу на Юпитер, он обнаружил спутники этой планеты.

Галилей конечно же знал о проблеме долготы и понимал, как можно использовать открытие для ее определения. Спутники Юпитера часто и регулярно закрываются самой планетой — готовые часы, подвешенные в небе. Галилей предложил использовать таблицы затмений спутников Юпитера, где указывалось бы время этих затмений на некоторой фиксированной долготе. Пользуясь такими таблицами и наблюдая затмения с палубы корабля, можно определить разницу во времени с местом, для которого составлены таблицы, и тем самым долготу судна. В 1616 году началась переписка Галилея с испанским двором по поводу обещанной награды, однако успехом она не увенчалась. Спустя двадцать лет он предпринял новую попытку, на сей раз с Голландией, но тут помешала

инквизиция. Галилей умер, так и не добившись обещанной награды. Возможно, неудача связана с тем, что трудно разглядывать в телескоп Юпитер на качающейся палубе корабля. А на суше метод Галилея впоследствии успешно применяли.

На море лучше наблюдать за Луной, что и предложил делать Иоганн Вернер в 1514 году. Луна достаточно быстро движется на фоне звезд. Если иметь таблицы угловых расстояний Луны от фиксированных звезд в разные моменты времени, то, проводя измерения, можно узнать абсолютное время на «нулевом» меридиане. Спустя сто двадцать лет Жан-Батист Морен рекомендовал воплотить эту идею, благо он усовершенствовал измерительные приборы и учел явление лунного параллакса (то, что движение Луны выглядит по-разному в разных точках Земли). Морен не верил в метод Фризиуса: «Может быть, дьявол и преуспеев в создании хранителя времени, достаточно точного для определения долготы, но человеку глупо даже пытаться сделать это».

Для изучения предложений Морена кардинал Ришелье создал комиссию. Она проработала пять лет, но не пришла к единому мнению, и после смерти Ришелье новый кардинал Мазарини выдал Морену 2000 ливров «за труды». На самом деле главной сложностью было составление лунных таблиц: хорошей теории, описывавшей движение Луны на фоне звезд, не было, и достаточно точных таблиц составить не могли. Метод заработал после того, как в 1753 году Леонард Эйлер создал «теорию Луны» и немецкий астроном Тобиас Майер составил таблицы, позволявшие определять долготу с точностью до одного градуса. За это в 1765 году английский парламент посмертно наградил его суммой в 5000 фунтов. Эйлер получил 300 фунтов за «теоремы, при помощи которых недавно умерший профессор Майер из Гёттингена построил свои лунные таблицы, позволившие достичь большого прогресса в деле нахождения долгот на море». Но это было уже гораздо позже.

Ставленник Мазарини и советник Людовика XIV Жан-Батист Кольбер считал развитие наук и мореплавания важнейшим делом для превращения Франции в великую державу. В 1666 году он создал Королевскую академию наук, куда пригласил лучших математиков, астрономов и механиков со всей Европы, предложив каждому огромное жалованье. Одной из главных задач академии было улучшение мореходных карт и совершенствование методов навигации. Среди приглашенных был голландец Гюйгенс — создатель маятниковых часов. Но здесь нам придется немного вернуться назад.

Подход к хронометру

Итак, один из способов разрешения «проблемы долготы» — создание хороших часов. Как ни удивительно, ничего похожего на современные нам часы до XVII века в мире не было. К XII веку научились делать башенные часы с биянцем и гирями. Ритм хода этим часам задавали колебания закрепленного на вертикальной оси большого колеса — маховика-биянца. Эти колебания поддерживались через сложную систему приводов тяжестью медленно опускавшихся гирь, а частоту регулировали с помощью подвижных грузов, укрепленных на маховике. Такие часы могли уходить за сутки на час, так что их стрелки приходилось постоянно подводить. Кстати, стрелка была одна — часовая.

Первый шаг к созданию часов нового типа сделал в 1583 году совсем еще молодой Галилей. Во время службы в соборе города Пиза он заинтересовался колебаниями огромной люстры, свисавшей со свода на длинной цепи. При порыве ветра размах колебаний увеличивался, а потом постепенно уменьшался, сходя на нет. Галилей обратил внимание, что период этих колебаний не зависит от величины их размаха. Чтобы сделать такой вывод, он замерял время по собственному пульсу. Впоследствии Галилей провел много опытов с



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

различными маятниками и установил: действительно, период колебаний маятника определяется только его длиной. Он стал использовать маятники для измерения времени в своих исследованиях и много работал над созданием часов с маятником. Но первые настоящие маятниковые часы сделал не он, а математик, механик, оптик и астроном Христиан Гюйгенс, скромно именовавший себя часовщиком.

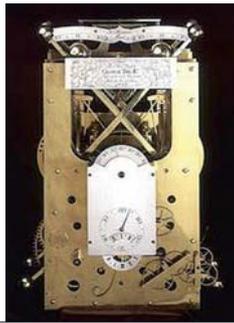
Создавая часы, Гюйгенс понимал, что его работа может быть полезна для определения долготы на море. Но вот беда: первые же испытания на корабле в 1663 году показали, что маятниковые часы не выносят качки. Что ж, Гюйгенс отказался от маятника! В 1674 году он начинает работать над новыми часами, в которых маятник заменен спиральной пружиной и балансиром, как в современных механических часах: качка им не страшна. Казалось бы, проблема решена — но тут же возникла другая. Новый механизм оказался необычайно чувствителен к изменениям температуры из-за теплового расширения пружины. К тому же Роберт Гук из Англии начал бомбардировать Гюйгенса обвинениями в плагиате. Надо сказать, что большинство открытий и изобретений того времени Гук считал своими. И не без оснований — он занимал должность куратора в британском Королевском обществе, и в его обязанности входило каждую неделю демонстрировать перед членами общества три-четыре опыта, доказывающих вновь открытые законы природы. Положение обязывало — ему приходилось постоянно открывать новые законы. Гюйгенс решил не впутываться в эти дразги, ему было чем заняться и помимо часов.

Французская академия наук добилась выдающихся успехов уже в первые годы своего существования: Гюйгенс изготовил мощный телескоп, с помощью которого открыл кольца Сатурна, Пикар измерил триангуляционным методом радиус Земли, Кассини создал уточненные таблицы движения спутников Юпитера и разработал метод определения долготы на суше с использованием этих таблиц. Метод включал в себя точные измерения времени с помощью маятниковых часов. Эксперименты в разных точках Земли показали замедление хода маятниковых часов при приближении к экватору. Узнав об этих результатах, Ньютон понял, что они доказывают его гипотезу о сплюсненной форме Земли. Кроме того, именно при этих наблюдениях спутников Юпитера в 1672 году было замечено, что наблюдаемое время затмения спутника Ио различается от случая к случаю. Молодой датский астроном Оле Рёмер обратил внимание, что наибольшее запаздывание затмения возникало, когда Юпитер находился дальше всего от Земли. Рёмер объяснил это так: свету нужно время, чтобы пройти расстояние, равное диаметру земной орбиты, — идея, казавшаяся фантастической! Так впервые была измерена скорость света.

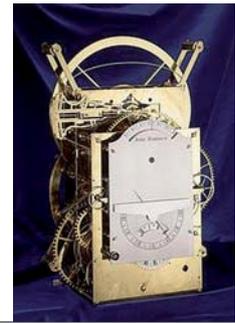
Но задача определения долготы на море оставалась нерешенной. И здесь мы должны переместиться из Франции в Британию, где к середине XVII века сложился другой крупнейший научный центр того времени. Там в 1662 году было создано уже упомянутое Королевское общество, а в его уставе одной из целей было провозглашено «Определение долго-



Часы H1



Часы H2



Недоделанные часы H3

ты». Роберт Гук, куратор общества, демонстрировал около двадцати собственных изобретений, призванных уменьшить вредное воздействие температуры, влажности, давления, не говоря уже о качке, на ход морского хронометра, и утверждал, что у него есть еще много идей такого рода.

Ньютон также не остался в стороне. Вместе с астрономом Эдмундом Галлеем он вошел в комиссию по проекту определения долготы, предложенному англичанами Уистоном и Диттоном: поставить на якорь специальные корабли вдоль основных мореходных путей. Через равные интервалы времени корабли должны были стрелять из пушек так, чтобы снаряды разрывались на высоте 6440 футов. Капитаны проходящих кораблей могли бы определить свое расстояние до ближайшего из стоящих на якоре, измеряя временной интервал между вспышкой и звуком. В своем заключении по проекту Ньютон отмечал, что большинство методов определения долготы в принципе правильны, но абсолютно не выполнимы в реальности. По его мнению, успех лежал на пути создания морского хронометра, «но из-за движения корабля, колебаний температуры и влажности, а также различия силы земного тяготения на разных широтах такой хронометр еще не создан».

Тем временем число кораблекрушений из-за неправильно определенного долготы росло. И вот, в 1714 году английский парламент издал Акт о долготе, положив награду за решение задачи от 10 до 20 тысяч фунтов стерлингов, в зависимости от точности.

Джон Харрисон решает проблему долготы

Когда Акт о долготе был провозглашен, Джону Харрисону, старшему сыну йоркширского плотника, исполнился двадцать один год. Рассказывают, что маленький Джон, когда ему было шесть лет, заболел оспой. Чтобы развлечь сына, родители ставили рядом с его постелью часы, тиканье которых он запомнил на всю жизнь. В молодости Харрисон освоил дело отца, подрабатывал землемером, а по вечерам самостоятельно изучал механику и физику. К 1714 году его основным занятием стало изготовление часов.

В 1728 году тридцатипятилетний часовщик, на счету которого уже было несколько серьезных изобретений, решил поучаствовать в соревновании за главный приз. Он упаковал пожитки, взял образцы своих изобретений и чертежи спроектированного им морского хронометра и отправился в Лондон. Там Харрисон встретился с Королевским астрономом Эдмундом Галлеем. Тот посоветовал Джону не идти в комиссию по долготе, пока часы не сделаны, а обратиться за помощью к лучшему лондонскому часовому мастеру Джорджу Грэхему. Достижения и планы младшего коллеги впечатлили Грэхема, и он из своего кармана дал Харрисону деньги на изготовление хронометра. Следующие семь лет Джон Харрисон со свойственной ему методичностью и педантизмом занимался созданием часов, названных впоследствии «H1».

Часы были закончены в 1735 году. Они не отличались красотой, весили почти 35 кг и были около 70 см в высоту. Харрисон отказался от использования маятника и применил в своих первых часах два балансира, соединенных так, чтобы компенсировать влияние качки на борту корабля. Комиссия, созданная при Лондонском королевском обществе, сочла изделие перспективным и назначила морские испытания. В 1736 году Харрисон со своим хронометром отплыл на борту корабля «Центурион» из Лондона в Лиссабон. Сам Харрисон очень плохо переносил качку и никогда больше не соглашался путешествовать по морю. Его часы, однако, чувствовали себя гораздо лучше, и на обратном пути он определил, что судно находится на полтора градуса западнее по долготе, чем говорили об этом вычисления, сделанные с помощью измерения скорости хода судна. К удивлению капитана, Харрисон оказался прав. Тем не менее точность часов была недостаточной, чтобы претендовать на главный приз, и созданный в 1736 году Совет по долготе выделил Харрисону субсидию в 250 фунтов на изготовление вторых часов. Часы не удовлетворили мастера, но тут он получил новую субсидию в 500 фунтов. В своем «номере третьем», на изготовление которого Харрисон потратил семнадцать лет, мастер впервые в мире использовал роликовые подшипники, драгоценные камни для крепления осей и высокочастотный балансира. Часы удались, но в ходе работы над ними Харрисон задумался: нельзя ли сделать что-то подобное, но меньшего размера, для собственного пользования? Результат превзошел ожидания — оказалось, что небольшие часы гораздо лучше подходят для измерения времени на море. Без сожаления забросив вариант H3, Харрисон принимается за дело. В 1759 году был завершен хронометр H4, тринадцати сантиметров в диаметре и менее полутора килограммов весом. Сам Харрисон так писал о своем шедевре: «Это плод пятидесяти лет самоотречения, неустанного труда и непрерывной сосредоточенности... Думаю, я могу смело сказать, что нет в мире другого механизма или математического изобретения, превосходящего по красоте и удивительности устройства этот мой хронометр, или Хранитель времени для долготы».

В 1761 году шестидесятивосьмилетний Харрисон доверил свое сокровище сыну и помощнику Уильяму. Совет по долготе предписал поместить часы на судно «Дептфорд», направлявшееся на Ямайку. Правила испытаний были строгими. Часы спрятали в ящике с четырьмя замками, ключи от которых находились у Уильяма, губернатора Ямайки Литтелтона (он только что получил этот пост и направлялся на остров), капитана корабля Диджеса и представителя Королевского общества Робисона. Все четверо должны были собраться вместе и открывать ящик каждое утро, когда Уильям заводил часы. Затем ящик запирали до следующего утра.

Уже на первом участке пути от Спитхеда до Мадейры испытания хронометра неожиданно привлекли к себе внимание команды «Дептфорда». Пиво, запасенное для путешествия, по какой-то причине испортилось. Команде совершенно не хотелось продолжать плаванье, имея в качестве питья только



Хронометр H4 — прародитель всех морских хронометров



воду. Для пополнения запаса надо было зайти на Мадейру. Тут оказалось, что после девяти дней плавания положение «Дептфорда», вычисленное по измерениям скорости судна, отличалось от определенного по хронометру Харрисона на 160 километров. Хотя капитан Диджес и был настроен скептически по отношению к новомодным изобретениям, он согласился скорректировать курс в соответствии с показаниями хронометра. Можно себе представить всеобщую радость, когда земля показалась точно там, где было предсказано. Если бы капитан не доверился хронометру, команда осталась бы без пива.

После этого Диджес прокладывал курс согласно хронометру. В результате «Дептфорд» достиг Ямайки на три дня раньше, чем другой корабль, вышедший из Англии за десять дней до «Дептфорда». Хронометр спустили на берег, и после проведения астрономических наблюдений 26 января 1762 года Робисон и Харрисон установили, что в ходе более чем двухмесячного плавания часы отстали всего на пять секунд. Таким образом, ошибка в определении долготы составила всего одну с четвертью угловую минуту — точность более чем достаточная для получения главного приза!

Тем не менее, Совет по долготе счел, что такая удача могла быть простой случайностью, и, выдав Джону Харрисону 2500 фунтов, назначил повторные испытания. Одной из причин столь скептического отношения было то, что в Совет вошел недавно назначенный Королевским астрономом Невил Маскелайн — давний конкурент Харрисона, разрабатывавший метод определения долготы по наблюдениям за Луной. Этот, как теперь говорят, «конфликт интересов» изрядно попортил жизнь старому часовщику. В марте 1764 года хронометр H4 в сопровождении Уильяма Харрисона на борту корабля «Тартар» отправился в семинедельное плавание к Барбадосу. Не кто иной, как сам Маскелайн встретил судно на Барбадосе, чтобы сравнить показания хронометра с результатами астрономических наблюдений. Но и ему пришлось признать, что в ходе плавания часы отставали менее чем на секунду в сутки. Это по-прежнему была достаточная точность для получения главного приза.

В резолюции, изданной в начале 1765 года, Совет по долготе подтвердил, что «вышеупомянутый Хранитель Времени сохранял время с достаточной точностью и не терял своей долготы в ходе плавания из Портсмута до Барбадоса с точностью, находящейся в пределах требуемой Актом Двенадцатым королевы Анны». Однако Харрисон получил только 7500 фунтов. Остальное обещали выдать после раскрытия всех технологических секретов, позволяющих сделать копии его хронометров. Также у Харрисона потребовали, чтобы он сдал в Совет все изготовленные им часы. Оттуда их забрал к себе домой все тот же Маскелайн — чтобы самому «досконально все изучить». После «изучения» Королевский астроном заявил, что H4 на самом деле не сохраняет время с необходимой точностью и может быть использован для определения долготы только как вспомогательный инструмент — в случае, если погодные условия затрудняют наблюдения за Луной.

Когда Харрисон попросил вернуть часы, ему отказали.

Все эти дразги очень удручали стареющего и теряющего зрение Джона Харрисона. «Я не могу не думать, — писал он в Совет, — что со мной крайне несправедливо поступают джентльмены, от которых я был вправе ожидать совсем другого ко мне отношения... Я надеюсь, что я первый и последний человек, у которого отнимают веру в действенность Акта английского Парламента». Правивший в те годы король Георг III был человеком просвещенным и интересовавшимся техническими достижениями. После плавания «Тартара» он был так впечатлен результатами, что лично принял старого часовщика с сыном. Теперь Харрисону пришлось просить о новой аудиенции. Георг III был поражен услышанным. «Клянись Богом, Харрисон, я добьюсь для тебя справедливости!» — воскликнул он. И король выполнил свое обещание.

К тому времени был готов хронометр H5, очень похожий на H4. Король взял прибор в свою личную обсерваторию, где ежедневно с помощью своего личного астронома следил за его ходом. За десять недель испытаний ошибка хронометра составила четыре с половиной секунды. Больше никаких доказательств королю не требовалось. В 1773 году Джон Харрисон получил сумму, которая вместе с деньгами, полученными ранее, составляла полный приз — 20 000 фунтов. Так Харрисон был официально признан человеком, решившим проблему долготы.

Джон Харрисон умер три года спустя, в свой восемьдесят третий день рождения, — 24 марта 1776 года, в собственном доме на Ред-Лайон-Сквер в Лондоне. В год его смерти копию H4 взял в свое плавание знаменитый мореплаватель Джеймс Кук. И он многократно убеждался в необходимости хронометра для навигации и составления морских карт. После этого каждый мореход стремился обзавестись хронометром — не дешевое удовольствие по тем временам!

Часы H1, H2, H3 и H4 были вскоре после Первой мировой войны найдены в хранилище Гринвичской обсерватории. Теперь они хранятся в Национальном морском музее при обсерватории. Их заводят в особо торжественных случаях. В январе 2004 года на Ямайке был открыт монумент в честь первого испытания хронометра H4. Дело, начатое астрономами и часовщиками, продолжается. Современная спутниковая навигация основана на тех же принципах. Только вместо Луны или спутников Юпитера используют искусственные спутники Земли, а вместо хронометра Харрисона — кварцевые часы, синхронизированные по атомным часам, на сегодня самым точным.

Что еще можно почитать о героях этой истории.

М.Л.Гаспаров. Занимательная Греция. М.: «Новое литературное обозрение», 2006.

С.Г.Гиндикин. «Рассказы о физиках и математиках», М.: «Наука», 1985.

В.И.Арнольд. «Гойгенс и Барроу, Ньютон и Гук», М.: МЦМНО, 2012.

Верность до разлуки

Ну что бы мы делали без обезьян? Сколько пищи дают они нашему уму и фантазии, какой выгодный объект для сравнения собой представляют. Если нужно оценить совершенство человеческой руки, мы гордо соотносим ее с обезьяньей. Люди с одинаковой легкостью обращаются с любым предметом, а при необходимости сжимают ладонь в кулак, чтобы хорошенько засветить собрату по виду, не поломав при этом пальцев. Конструкция обезьяньей кисти этого не позволяет. Если мы интересуемся жизнью наших дальних-предальных предков, то наблюдаем, как человекообразные обезьяны выют гнезда и острят палочки, и радуемся, что далеко от них ушли. Но когда хотим оправдать свои неблагоприятные поступки, тоже ссылаемся на обезьян: раз они, соседки по эволюционной ветке, так живут, значит, это заложено и в человеческой природе, а с ней поди поспори!

И вот, глядя на самцов человекообразных обезьян, владеющих гаремом, мужчины утверждают, что женские претензии на верность до гроба совершенно необоснованны, поскольку для самцов *Homo sapiens* тоже естественна полигамность. Им можно возразить, что полигамный образ жизни порождает конфликты и агрессию. Поскольку самок на всех не хватает, молодые претенденты регулярно посягают на чужой гарем и социальный статус. Борьба за право размножаться идет нешуточная. Животные, которые каждый сезон образуют новую пару, также вынуждены выдерживать конкуренцию за обладание половым партнером и местом для размножения. Моногамный образ жизни, при котором животные формируют постоянные пары, кажется более спокойным. Поскольку соотношение полов примерно равное, каждая взрослая особь обеспечена половым партнером. Сражаться не за что, живи себе да радуйся. С другой стороны, моногамия также не гарантирует идиллию, что прекрасно видно на примере опять-таки обезьян.

Моногамных приматов крайне мало, но они есть. Один из них — южноамериканские совиные обезьяны *Aotus azarai*. Это ночные существа, они живут небольшими группами: взрослая



Совиная обезьяна *Aotus azarai*. На ней ошейник с разноцветными бусинами, которые позволяют идентифицировать животное

размножающаяся пара и от одной до четырех молодых обезьян. Родители заботятся о детенышах до шестимесячного возраста, причем самцы участвуют в воспитательном процессе наравне с самками. Поведение самцов и самок *A. azarai* вообще очень похоже, и внешне их почти не различить. Жизнь у совиных обезьян мирная: внутригрупповые конфликты редки, встречи с соседями тоже обходятся без драк.

Совиных обезьян много лет изучает Эдуардо Фернандес-Дуке. Он родился в Аргентине, там же получил высшее образование, а затем уехал в Соединенные Штаты. Сейчас он работает на кафедре антропологии Пенсильванского университета, но регулярно выезжает в аргентинскую провинцию Чако исследовать совиных обезьян. Ученого, в том числе, интересует моногамия у приматов и роль, которую играют самки и самцы в поддержании моногамных отношений.

В течение 16 лет исследователи собирали демографические данные о 18 группах (154 особях) совиных обезьян. Они отслеживали образование пар, исчезновение или смерть животных, смену партнера, количество потомков каждого животного. С 2000 года за обезьянами не только наблюдали, но и отлавливали их, чтобы пометить, навесить радиопередатчик и определить их физическое состояние. В результате этой деятель-

ности ученые узнавали о переменах в жизни *A. azarai* в течение недели. Некоторые результаты многолетней работы Эдуардо Фернандес-Дуке и его сотрудница Морен Хак обобщили в статье под красноречивым названием «Пока смерть (или незванный пришелец) не разлучит» (PLoS ONE 8(1): e53724; doi:10.1371/journal.pone.0053724).

Оказалось, что совиные обезьяны не создают пары на всю жизнь. За десять лет исследователи зарегистрировали в 18 группах 27 замен самок и 23 замены самцов, в том числе две-три последовательные замены, произошедшие очень быстро одна за другой. Ученые отметили, что одного партнера за время жизни имело девять самок и десять самцов, более одного — двенадцать самок и пятнадцать самцов. В среднем за время репродуктивной жизни у одной особи бывает два партнера, а средний срок совместной жизни — 9,1 года. Скорее всего, это завышенная цифра. Поскольку эти подсчеты сделаны в ограниченный промежуток времени, реальная доля обезьян, проживших всю жизнь с одним партнером, должна быть меньше. (Сколько *A. azarai* живут в естественных условиях — неизвестно, а в неволе они доживают до 20 лет).

К распаду пары приводят разные причины. В некоторых случаях водворению нового партнера предшествовала смерть предыдущего. Но чаще разрыв

бывает вызван внешней агрессией. По соседству с оседлыми группами бродят молодые взрослые бессемейные обезьяны 3—5 лет, высматривая, куда бы пристроиться. Они просто выдворяют хозяина или хозяйку и заступают на их место, причем самцы и самки выступают в роли разлучников с равной частотой. Однако ни разу совиная обезьяна не оставила партнера добровольно, ни разу сама не выгнала спутника жизни; «разводов» у них не было.

Ученые попытались определить, нет ли в жизни семейной группы предвестников скорого распада. Возможно, агрессорам удастся разлучить те пары, где не все гладко, например есть проблемы с деторождением? Однако исследователи не обнаружили связи продолжительности совместной жизни обезьян с количеством потомков или интервалами между двумя рождениями. Среднее время между появлением на свет последнего детеныша и разрывом пары составляло 10,1 месяца, меньше, чем обычный промежуток между рождениями малышей.

Продуктивность *A. azarai* не влияет на крепость их брачных уз, а вот смена полового партнера отрицательно сказывается на репродуктивном успехе. В среднем совиные обезьяны, имевшие одного партнера, как самцы, так и самки, за десять лет производили на свет на четверть больше детенышей, чем животные, сменившие спутников жизни (7,9 и 6,3 детеныша соответственно). Разница в репродуктивном успехе возникает потому, что образование новой пары влечет за собой паузу в деторождении. Стабильные пары размножаются каждый год, а новая семья обычно пропускает один сезон. Только четыре пары произвели детенышей в первый год после соединения. Поведение взрослых, по-видимому, не сказывается на жизни юных членов группы. Во всяком случае, после смены партнеров подростки особи не уходят от родителей раньше положенного срока, а выживаемость малышей остается на прежнем уровне.

Исследователи отмечают, что у многих видов птиц, живущих парами, например меевок *Rissa tridactyla*, смена партнера, напротив, ведет к репродуктивному успеху. Но у совиных обезьян все наоборот, разрушение пары им невыгодно, оставшаяся особь теряет до четверти потенциальных потомков, а изгнаннику обычно не удается создать новую семью. Только два самца из 50 выдворенных животных внедрились в другую группу.

Очевидно, что обезьянам невыгодна смена партнера, но их вынуждает агрессия бродячих претендентов. Смена семейного статуса сопровождается драками, в которых совиные обезья-

ны прекрасно обходятся без кулаков. Клыки у них хоть и небольшие, но вполне достаточные, чтобы серьезно ранить соперника. Осматривая животных, ученые находили покусанных, исцарапанных и хромящих изгнанников, у некоторых сломаны зубы, одно животное умерло на следующий день после драки. Исследователи лично наблюдали пять драк, в которых обезьяны были ранены или охромели. Один из количественных показателей тяжести телесных повреждений — состояние ушей, его оценивали в баллах от 0 (целые уши) до 3 (сильно поврежденные уши). Сравнивая состояние обезьян одного возраста, ученые отметили, что раны ушей встречаются у изгнанников чаще, чем среди резидентных особей, и более серьезны (2,2 и 1,3 по трехбалльной системе). Пол значения не имеет, самки столь же агрессивны, как и самцы. Говорят, что смерть лучше разлуки, но *A. azarai* явно предпочитают разлуку и снижение репродуктивного успеха гибели или тяжелым травмам от лап и зубов неустроенного собрата по виду.



ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

По мнению Эдуардо Фернандеса-Дуке, социальная система совиных обезьян представляет собой серию долговременных моногамных связей. Возможно, они продолжались бы всю жизнь, если бы не внутривидовая агрессия, неожиданно высокая. Сивиные обезьяны, похоже, дерутся за партнера и территорию. Тут у них все, как у людей, или у людей опять, как у обезьян. Но самый интересный результат еще впереди: исследователи собираются выяснить, как ведет себя второй участник семейной пары в то время, как его половину выгоняют.

В лунном сиянье

Эдуардо Фернандеса-Дуке интересует не только социальная жизнь *A. azarai*. Эти животные, в отличие от подавляющего большинства низших обезьян, ведут ночной образ жизни. Распределение циркадианного ритма зависит от внутренних биологических часов, которые работают по солнцу, но у совиных обезьян на суточную активность влияет и лунный свет. Как показали исследования, опубликованные в PLoS ONE (5(9): e12572. doi:10.1371/journal.pone.0012572), ночная деятельность совиных обезьян зависит от ночной освещенности.

Ученые снабдили десять обезьянок ошейниками с акселерометрами, которые регистрировали активность животных. Затем собрали данные за 6—18 месяцев и выяснили, что *A. azarai* наиболее деятельны при полной Луне. В эти ночи на период с 21.00 до 6.00 приходится более половины суточной активности. В новолуние обезьянки ведут себя тихо, их ночная активность вдвое ниже, чем в полнолуние, зато они активны ранним утром. Исследователи проводили наблюдения во время трех полных лунных затмений, совиные обезьяны в это время затаились.

Получается, что биологическую активность регулируют не внутренние часы, зависимые от Солнца, иначе обезьяны были бы активны даже темной ночью. Лунный свет корректирует действие солнечного, а на него, в свою очередь, влияет температура. В холодный сезон, с апреля по август, температура в Аргентинской провинции Формоза регулярно опускается ниже 10°C. Сивиные обезьяны не любят таких холодов и сидят тихо, даже если окрестности залиты лунным светом. Таким образом, они активнее всего в теплые ночи при полной Луне.

А вот обитающие в Камбодже карликовые лори *Nycticebus pygmaeus*, напротив, не очень жалуют Луну. Их поведение изучали специалисты университетов Квинсленда (Австралия) и Оксфорда (PLOS ONE 7(4): e36396. doi:10.1371/journal.pone.0036396). В темные ночи эти зверьки постоянно деятельны, а в светлые их активность зависит от температуры. В сухой сезон камбоджийский воздух их охлаждает до 15—17°C, и тогда карликовые лори неактивны, а при температуре выше 26°C они равно деятельны и в лунные ночи, и в темные. Исследователи объясняют этот феномен тем, что при яркой луне и низкой температуре велик риск быть замеченным и замерзнуть. Совпадение двух неблагоприятных обстоятельств вынуждает животных сидеть дома.

Чья очередь горшки обжигать?



М. Демина



ДРУГИЕ ВЕЩИ

Ремесло и искусство керамики существует почти столько же времени, сколько живет на Земле человечество. Не ошибемся, если скажем, что обожженный на костре мягкий комочек сырой глины, ставший вдруг твердым и прочным, был первым в истории «искусственным» материалом, сделанным человеком. Керамикой (от греч. *κεραμική* — гончарство) называются изделия, которые получают высокотемпературным обжигом глины с разными добавками. Благодаря этим верным спутникам человека мы постигаем историю древних народов: целые изделия и фрагменты кухонной утвари, предметы домашнего обихода, найденные археологами, помогают понять образ жизни, нравы и обычаи наших далеких предков.

Глиняный гвоздь

Самая первая обожженная человеком глина, известная нам, датируется двенадцатым тысячелетием до н. э. На рубеже четвертого и третьего тысячелетий на Ближнем Востоке был изобретен гончарный круг. В Европе он появился чуть позже — всего-то через два тысячелетия. А вот американские индейцы узнали гончарный круг только с приходом европейцев, что, впрочем, не мешало им развивать собственные традиционные техники керамики.

Чего только не делали из глины в Древнем мире! В Месопотамии глиняной была не только посуда, но и лавки, столы, книги-дощечки, на которых писали острыми палочками, и даже гвозди для скрепления матов из прессованной со-

ломы. В Древнем Египте и Вавилоне при строительстве использовали обожженный красный кирпич, он был прочнее и тверже камня. Некоторые кирпичики сохранились в целости до наших дней. Глазурованной плиткой облицовывали стены домов, жилые помещения и погребальные камеры. Древняя Греция подарила миру огромное разнообразие керамических форм. Парадная посуда покрывалась богатой росписью и глазурями, которые не только украшали изделия, но и делали их водонепроницаемыми. Статуэтки, рельефы, бусы из неглазурованной керамики — она называется терракота (от итал. «обожженная земля») — до сих пор поражают изяществом и тонкостью исполнения. В Древнем Риме из красного кирпича строили акведуки, пролеты мостов, своды перекрытий и водопроводы.

До майолики, фаянса и фарфора было еще очень далеко, точнее, долго: их приход в мир готовился сотнями поколений безымянных мастеров гончарного дела, которые придумывали новые составы глиняной массы и рецепты глазурей, совершенствовали техники лепки, формовки и обжига.

Давайте посмотрим, как работала гончарная мастерская древности. Глину заливали водой и долго-долго месили, постепенно добавляя песок. Раскатывали глиняное тесто и вырезали из него донце будущей миски или горшка. Затем лепили стенки, накладывая друг на друга глиняные жгуты-колбаски. Их тщательно выравнивали и притирали снаружи и внутри. Небольшие узкие посудины делали по-другому: с помощью широкого деревянного стержня, смазанного



жиром. На него просто накатывали размятую глиняную массу. Стержень легко вынимался, оставляя за собой ровную полость. Чтобы будущий сосуд стал водонепроницаемым, поверхность уплотняли — лощили до зеркального блеска гладким инструментом. С этой же целью уже обожженное изделие или морили — выдерживали в дыму остывающего костра, или запаривали — опускали еще горячим в чан с обваркой — мукой, разведенной водой. После первого обжига (он называется утильным) изделие полировали, наносили рисунок и глазуровали. Роспись делали на подсохшей поверхности ангобом — жидкой цветной глиной. Первой глазурью была та же глина, смешанная с поваренной солью.

Обжигали изделия в кострах — горнах. Сначала выкапывали яму, ставили в нее высушенные горшки, миски, чаши, кружки, кувшины, вазы, прокладывали их ветками, соломой и доверху наполняли дровами. Несколько часов должен был гореть костер, чтобы в яме набралось достаточно жару для обжига. Только на следующий день из нее доставали то, что получилось. Не все разбивалось и трескалось, попадались и целые изделия — гладкие, ровные, в красивых подпалинах.

Гончарный круг позволил значительно ускорить процесс и улучшить качество — достичь совершенной округлости и одинаковой толщины стенок. Мастер одной рукой раскручивал круг, насаженный на вертикальную ось, а другой, надавливая пальцами на стенки, заглаживая неровности, создавал форму. Гончарный круг с ножным приводом освободил обе руки мастера. К тому же теперь для него предусматривалось удобное сиденье. Современный гончарный круг принципиально не изменился. Маленькое новшество — электропривод, позволяющий регулировать скорость вращения ножной педалию.

Великая тайна

Гончарная керамика, покрытая непрозрачными цветными глазурями — эмальями, называется майоликой. Происхождение термина связывают с островом Мальоркой в Средиземном море. Отсюда привозили в Европу ярко декорированные изделия из белой или серой глины. Майолика на основе белой глины — каолина — называется фаянсом, по имени итальянского города Фаэнца, где в огромных количествах производились кувшины, пиалы, вазы, тарелки, чаши, сосуды для хранения вина и оливкового масла. Иногда фаянс называют несовершенным подобием фарфора, что не совсем справедливо. Конечно, фаянсовая посуда уступает по прозрачности, белизне и прочности фарфору. Но ее толстые, мягко обтекаемые стенки с ажурными краями по-своему красивы и хороши, особенно покрытые прозрачной глазурью, сквозь которую просвечивает пористый сливочного цвета черепок (так называется обожженная глина). Фарфор подавали только на королевские и царские столы, а народ попроще так и ел бы из грубых оловянных или глиняных тарелок, если бы не относительно дешевый фаянс.

Начало второго тысячелетия нашей эры называют золотым веком китайской керамики — знаменитого благородного фарфора. Первым в Европу его привез Марко Поло, и сразу фарфор, «блестящий как зеркало, тонкий как бумага, звонкий как гонг, гладкий и сияющий как озеро в солнечный день», стал фантастически дорогим предметом роскоши. Природа сделала Китаю царский подарок — богатейшие месторождения уникального минерала, называемого фарфоровым камнем, который представляет собой смесь полевого шпата и кварца. Если его просто смешать с каолином, запасы которого в Китае тоже огромны, получится готовый состав для производства фарфора высочайшего качества. Первый фарфор был чисто белым. Начиная с XIV века его начали расписывать солями кобальта — синей краской, которую привозили из Персии. Возможно, само слово «фарфор» произошло от персидского «фегфур». Здесь развивались новые техники декорирования керамики. Персидские глазури для своего времени были уникальны и поставлялись во многие страны.

Европа правдами и неправдами пыталась разгадать секрет китайского чуда. Но технология держалась в строжайшей тайне. Заподозренным в ее разглашении отрубали голову. Сколько голов слетело с плеч, точно не известно. Повезло французу де Антреколу: он не только сумел побывать в закрытом городе Цзиндэчжэнь, центре фарфорового производства, но и живым вернулся на родину. Там он написал книгу, в которой рассказал, что фарфор делают из белой глины и таинственного порошка под названием «циши». Это был фарфоровый камень, которого, увы, не знали в Европе. И все же европейцы опытным путем нашли рецепт фарфоровой массы. Немец Иоганн Бетгер, шесть лет экспериментируя с глиной, наконец, достал из печи чашечку тонкую, звонкую и сияющую — сам бы не поверил, что она не из Китая. В 1710 году в Саксонии в городе Мейсене заработал первый в Европе завод по производству фарфоровой посуды. В 1740 году Франция открыла фабрику в пригороде Парижа Венсене, которая вскоре переехала в город Севр. Первый французский фарфор был подражанием немецкому, и только к концу века здесь сложился собственный узнаваемый стиль декора, в частности роспись золотом на «королевском синем» фоне и «розовом помпадур». Император Петр I щедро финансировал поиски секрета фарфора. Русский фарфор, не уступающий ни китайскому, ни саксонскому, удалось сделать горному инженеру Дмитрию Виноградову. Не только состав фарфоровой массы, но и рецепты глазури, и красок «огненных» были чисто русскими изобретениями. В 1744 году в Санкт-Петербурге по указу дочери Петра I императрицы Елизаветы был основан Императорский фарфоровый завод, первый в России и третий в Европе. Фарфор начал дешеветь. И хотя он так и не стал предметом повседневного быта, но уже не считался невиданной роскошной диковиной, доступной лишь высшему сословию.

В начале XX века керамика придала новое звучание искусству «малых форм» в стиле ар-нуво. Художники-керамисты, каждый в своей манере, экспериментировали с фаянсом, фарфором, терракотой. Оригинальные формы, работая с глиной, создавали Пабло Пикассо, Анри Матисс, Марк Шагал. Битая керамика служила для декорирования архитектурных новшеств. А саму керамику украшали стеклом, металлами и пластмассой. Любимым материалом стал шамот — размоленная обожженная глина или керамический бой, замешанные на свежей глине. Шамот имеет грубозернистую структуру, поэтому глазурь ложится на него не ровно, а произвольно растекаясь, что особо ценится художниками.

В керамических композициях — скульптуре, настенных панно, рельефах — предметы преобразуются, теряют свою утилитарную функциональность. Мягкость, пластичность, податливость глины дают больше возможностей творить новые формы и силуэты, нежели мрамор, гранит или бронза. Чтобы

идею воплотить в реальность, ведь «мысль всегда смелее дела», автору необходимы глубокие знания свойств составляющих глиняной массы, способов формовки, техники обжига и, конечно, декора, глазури, красок. И тогда придуманный им фантастический мир становится зримым, осязаемым.

Сам себе геолог

Где взять глину для работы? Можно заготовить самостоятельно, ведь она есть практически везде и залегает, как правило, близко к поверхности земли. А что такое глина? В геологии глинами называют осадочные породы, образовавшиеся в процессе длительного естественного выветривания. С точки зрения химии глина — это гидроалюмосиликат: смесь воды, глинозема (окиси алюминия) и кремнезема (окиси кремния). Все глины содержат минеральные примеси, например полевой шпат, слюду, серный колчедан, кварцевый песок, оксиды железа, а также органические включения, обуславливающие ее цвет. Самая чистая и светлая глина — каолин. Она малопластична, после обжига становится белой. Сланцевые глины имеют темный, почти черный цвет за счет примеси углеродных соединений, после обжига они приобретают светло-желтый оттенок. Гончарные глины могут иметь цвет от желтого до темно-коричневого. Для керамических работ мало подходят мергелевые глины, содержащие известь, и желтый сухой суглинок, перенасыщенный кремнеземом. Глину можно найти по растущим травам: где в большом количестве цветут мать-и-мачеха, белокопытник, там есть и она.

Как узнать, подходит ли глина для лепки? Берем комочек влажной глины, скатываем из него колбаску и сворачиваем в колечко. Если на нем образовалось много трещин, значит, в глине избыток песка. Глины с содержанием песка более 15% называются тощими. Их рекомендуют «отмучивать» — удалять лишний песок. Для этого глину отстаивают в ведре с водой около суток. Камешки и песок осядут на дно, мусор всплывет наверх, а средний жидкий слой будет как раз очень подходящим для лепки. Если на нашем колечке трещин нет совсем, значит, глина жирная, сверхпластичная. Изделия из такой глины деформируются и коробятся уже при сушке. Чтобы этого избежать, ее нужно «отощить» — добавить сухого песка или керамического боя, так называемых отощающих добавок. Самая удобная в работе глина — средней жирности, не липкая на ощупь, с содержанием песка от 10 до 15%.

Теперь глину надо, как муку, просеять сквозь сито, чтобы убрать мелкие корешки, веточки, камешки. Предварительно ее сушат, накрывают брезентом и отбивают деревянным молотком. Важный момент при подготовке глины — ее вылеживание. Оказывается, чем дольше глина «отдыхает», тем она становится лучше. В Китае фарфоровую массу выдерживали в закрытых ямах десятки лет. А для того, чтобы сделать тоненькую фарфоровую чашечку — «яичную скорлупку», требовалось не менее 100 лет! Конечно, мы столько ждать не будем, но все же на несколько дней уберем просеянную глину в холодное место.

Вылежавшуюся глину надо перебить-перемять так, чтобы выжать из нее весь воздух, ведь оставшийся даже крошечный пузырек газа может разорвать готовое изделие. Сбрызгиваем глину водой, скатываем ее в ком и бьем по нему молотком, пока не получится плоская лепешка. Опять скатываем и опять бьем, и так много раз. Можно переминать глину руками, если они у вас сильные, тренированные. Делать это надо движением, обратным тому, которым месится тесто для пирогов: не к себе, а от себя. Пекарь насыщает тесто кислородом, чтобы оно стало пышным и лучше подходило. Наша задача — удалить воздух. При правильном перемешивании можно услышать хлопки лопающихся воздушных пузырьков, выдавленных на поверхность.

Каким станет цвет глины после обжига? Узнать это можно только опытным путем. Скатаем маленький шарик и обожжем его в печи. Получившийся черепок может быть чисто белым — такая глина называется беложгущейся. Светлые тона — серый, желтый, розовый — дают светложгущиеся глины, а цвета от красно-коричневого до темно-фиолетового — красножгущиеся.

Если геологические изыскания вас не привлекают, купите в магазине готовую глину вместе с отощающими веществами и плавнями — силикатами и карбонатами натрия, понижающими температуру плавления, — они могут пригодиться.

Глина глину украшает

Природный цвет глины можно усилить или изменить с помощью оксидов металлов — железа, меди, хрома, марганца, кобальта и некоторых солей, например медного и железного купороса, серноокислого и азотноокислого кобальта, углекислого марганца. Красящее вещество разводят в воде и соединяют с глиной. Образующиеся цветные силикаты окрашивают глину, и она становится оранжево-желтой, ярко-красной, розово-фиолетовой, синей, зеленой, бирюзовой, серо-голубой. Имея под рукой разноцветные глины, можно освоить красивый прием декорирования керамики — мраморизацию. Возьмем несколько пластин глины разного цвета, наложим их друг на друга, раскатаем и хорошо промнем руками. Разделим глиняный ком на две части металлической струной



(так в магазинах режут пополам сырные головы), на срезе появится эффект мраморной поверхности с прожилками и разноцветными наплывами. Вазочка или рамка, слепленные из такой глины, при правильном подборе цветов с учетом их изменения при обжиге будут неотличимы от настоящих мраморных.

А теперь приготовим ангоб — шликерную жидкую цветную глину. Шликер — это глина с консистенцией текучей сметаны. Получается она при добавлении дефлокулянтов — щелочных солей слабых кислот, например соды или жидкого стекла, не более полпроцента от общей сухой массы. Подкрашивают жидкую глину солями и оксидами металлов. Чтобы точно попасть в цвет, лучше работать с беложгущейся глиной. Ее смешивают с мелом, толченым кварцевым песком или полевым шпатом и разводят водой.

Ангобы хороши, когда надо подчеркнуть текстуру глиняной поверхности — пористость, шероховатость. Ими часто украшают керамику до обжига, как говорят, «по-сырому». При сплошном окрашивании заготовку можно просто окунуть в ангоб или полить им (отсюда древнее название декора — полива). Толщина красящего слоя должна быть не более и не менее трех миллиметров, чтобы он и не отвалился при обжиге, и не «утонул» при сушке. Как правило, ангобы сверху покрывают прозрачной глазурью. Если же глазурование не предусматривается, в него для блеска можно добавить по-таш. Попробуем полить глину ангобами разных цветов, так чтобы капли наплывали друг на друга и смешивались. Это достигается наклонами заготовки в разные стороны. Получится красивый абстрактный рисунок.

Глиняную поверхность можно украсить выпуклым рельефом. Если он выступает на половину своего объема, он называется барельеф, на целый объем — горельеф. Текстурированный орнамент выдавливается подушечками пальцев или штампом — листочком, веточкой, камешком, кружком из пластмассы, проволокой, шурупом. Несложно сделать наклепные узоры. На подсушенное изделие прикрепим и промажем шликером детали декора — глиняные шарики, бусины, жгуты, полоски. Чтобы покрытие ангобами сделать еще интереснее, воспользуемся техникой «сграффито». Когда ангоб подсохнет, на нем острым предметом, например вязальной спицей или гвоздем, нацарапаем узор или орнамент. После обжига рисунок словно оживает — становится ярким и объемным.

При работе с разными глинами надо помнить, что они должны иметь одну и ту же температуру плавления. Коэффициент усадки при сушке и обжиге тоже должен быть одинаковым, иначе неизбежны трещины и разломы. Для уменьшения усадки ангоба в него добавляют кварцевый песок и мел, для увеличения — высокопластичную глину.

И улыбается керамика глазурью

Глазурование — достаточно сложный вид отделки. Глазурь представляет собой низкоплавкое прозрачное стеклообразное покрытие, образующееся в результате сплавления силикатов с глиной. Ее главная составляющая — кремнезем. Во время обжига поры глиняной поверхности заполняются стекловидным веществом. Процесс сплавления происходит при охлаждении, и только тогда изделие становится прочным, водонепроницаемым. Непрозрачная «глухая» глазурь называется эмалью. Чтобы глазурь «заглушить», в нее добавляют оксиды циркония, олова, сурьмы и цинка до 10% объема.

Температуры плавления глазури и глины должны быть одинаковыми. Чтобы их уравнивать, глазури «подгоняют» под глину, добавляя оксиды — натрия, калия, кальция, алюминия, бария, свинца, цинка, марганца, бора, магния. Они в той или иной степени уменьшают расширение глазури и повышают ее температуру плавления. Глазури бывают сырыми и фриттованными, то есть предварительно сплавленными. Сырые



получают простым измельчением и разведением водой до шликерного состояния всех составляющих: полевого шпата, кварца, каолина, добавок в виде буры, соды, магнезита, мела, доломита, борной кислоты. Фриттованные глазури сплавляют при температуре около 1200°C. Фритту охлаждают в емкости с водой и сушат. Для цвета в глазури вводят оксиды и соли металлов. Очень красивы свинцовые глазури: стойкие, блестящие, малочувствительные к изменению режима обжига. Но они считаются ядовитыми и не используются для посуды. Перед тем как поставить изделие в печь, не забудьте проверить, не затекла ли глазурь на дно изделия — оно может сплавиться с печью.

Трещины на глазури после обжига в принципе считаются дефектом. Однако глазурь трескалась так часто, что уже древние мастера, пытаясь спасти свою работу, придумали интересный способ декорирования. Бракованное изделие опускали в краску, снова покрывали глазурью и обжигали. И что же? Трещины закрывались новым оплавленным слоем, а на глазури появлялся интересный орнамент в виде тонкой сеточки. Такой декор теперь наносят специально, используя «неправильную» глазурь, например с уменьшенным содержанием кремнезема. При обжиге она обязательно потрескается, а чтобы это случилось наверняка, ее еще и сбрызгивают холодной водой. Затем изделие погружают примерно на час в красящий раствор металлической соли — медного купороса или азотнокислого кобальта. Краска заполняет трещинки. Ее излишек смывают водой, наносят новый слой глазури и обжигают. Этот прием получил название «кракле». Особенно эффектно выглядит кракле в цвете на выпуклых боках ваз и кувшинов.

Краски огненные

Роспись по эмали керамическими красками «под обжиг», имеющими в своей основе оксиды металлов, называют надглазурной. Она обжигается при температурах более низких, чем подглазурная роспись, поэтому ее цветовая палитра много богаче. Рисовать на эмали, плотной и гладкой, проще, чем на сырой глине: если что-то не получилось, поверхность, как школьная доска, просто очищается салфеткой, смоченной в скипидаре или спирте. Надглазурная роспись напоминает акварельную: она прозрачная, чистая, легкая. Краски на эмали чуть-чуть растекаются, создавая еле заметный нежный ореол. После высыхания изделие снова обжигают, и краски буквально привариваются к глазури.

Надо помнить, что все краски, глазури и ангобы после обжига меняют свой цвет. Даже мастера со стажем не всегда могут предсказать, каким он будет. Поэтому прежде, чем приступить к росписи, сделаем пробные обжиги красок. Берем обычную плитку и наносим на нее, оставляя пустые места, полоски всех красок, которые предполагаем использовать. После обжига заполняем пустые места краской в той же последовательности и уже не обжигаем. На второй плитке рисуем разноцветную сетку — вертикальные полоски, каждую своей краской, и горизонтальные — в той же последовательности. После

обжига места пересечения полос покажут, какой получился цвет при наложении разных красок. Эти две плитки будут незаменимым справочным пособием и уберегут от ошибок и разочарований. Каждую новую краску надо включать в свой «персональный справочник», ведь одно и то же название не гарантирует идентичности оттенка цвета.

Изделие можно расписать и «по-сырому». Красками для такой росписи служат соли металлов. Безвредные, не выделяющие токсичных веществ, соли азотной кислоты, хорошо растворимые в воде. Сами растворы солей цвета не имеют. Поэтому их надо чем-нибудь подкрасить, например чернилами. При обжиге подкраска выгорит и проявится основной цвет. Кобальт даст синие тона, хром — зеленые, медь — серо-бирюзовые, железо — красные. Чтобы цвет стал более сочным, к растворам солей добавляют соду.

А вот как можно получить необычно густой стойкий черный цвет. Обожженное изделие окунаем в мазут и обжигаем второй раз. По мере выгорания мазута в мельчайших порах глиняной поверхности образуется уголь. Если ее потом еще и отполировать, получится очень красиво.

Сложные и многоцветные рисунки исполняются техникой «резерваж» — с защитным покрытием поверхности воском. На те места, которые не должны быть окрашены, кистью наносим подогретый раствор пчелиного воска в скипидаре. При обжиге воск полностью выгорает, и остается четкий контур рисунка. Можно использовать трафарет из бумаги, пропитанной любым техническим маслом. Но работать с ним трудно, особенно на выпуклой поверхности: краска так и норовит подтечь под него.

Вода и пламень

На кострах керамику уже не обжигают. Для этого есть электрические муфельные печи — удобные, компактные, внешне похожие на микроволновые. Муфель представляет собой камеру из огнеупорного материала в стальном корпусе с подставками — полочками для предметов разной высоты. Как правило, печи оборудованы термоэлектрическими пирометрами, показывающими температуру. Если его нет, надо воспользоваться индикаторами — пирометрическими конусами. Помещенные в муфель, они начинают деформироваться, каждый при своей температуре. Опытные керамисты обычно ориентируются на цвет стенок: те становятся темно-красными при 600°C, ярко-вишневыми при 1000°C, оранжевыми при 1200°C и белыми при 1400°C.

С физической точки зрения целью обжига изделия, так же, как и его предварительной сушки, является дегидратация. Глина должна полностью лишиться влаги. А воды в ней много: как без нее месить глиняное тесто и формовать изделие? Частично она испаряется при высыхании на воздухе. Чем равномернее сохнет глина, тем меньше будет в ней внутренних напряжений, а значит, и трещин. Поэтому сырую заготовку следует накрывать влажным пакетом и не держать на сквозняках. Когда на поверхности не остается следов от легких надавливаний пальцами, она, наконец, готова к обжигу. Огонь окончательно «выжимает» воду, спекает глину, и тогда она, став твердой, как стекло, и прочной, как камень, обретает свое новое бытие. После сушки и обжига глина, полностью лишившись воды, усыхает почти на 10% своей массы, причем тем больше, чем она пластичней. Об этом надо всегда помнить, чтобы возможная деформация изделия не стала неприятной неожиданностью. Процент усадки каждого образца глины желательнее заранее определить пробным обжигом.

Чтобы уменьшить вероятность трещин, температуру в печи надо поднимать постепенно. При ее росте примерно до 300°C из глиняной массы испаряется свободная вода. При 400°C сгорают органические примеси. При 500°C начинают разлагаться углекислые соединения, испаряется вода, связанная с глиной химическими связями. При 600°C глина спекается и

твердеет. На этой стадии надо сделать паузу и поддерживать эту температуру хотя бы полчаса, чтобы дать возможность расширяться кварцу. Далее температура повышается в зависимости от того, каким декором покрыто изделие. Утильный (значит, первый) обжиг неглазурованной керамики выполняют при температуре выше 800°C. Ангобы обжигаются при 800°C, фарфор — при 1300—1400°C. Конечную стадию обжига также проводят с выдержкой от одного до двух часов. Охлаждать печь надо медленно, ведь остывание — это процесс закаливания, а вынимать изделие следует не раньше, чем температура опустится ниже 60°C, чтобы не случился термический удар. Он может спровоцировать растрескивание. Самое важное — все делать постепенно, тогда и печь прослужит дольше, и наши произведения останутся целы.

Без гончарного круга

Изящную тонкую фарфоровую чашечку с блюдечком мы сделаем в следующий раз, а сегодня попробуем слепить цветочный горшок и вазочку. Работать будем техникой спиральной лепки из жгутов. Сначала нарежем из глины тонкие жгуты-колбаски и накроем их пленкой, чтобы они раньше времени не высохли. Раскатаем ком глины и вырежем из него кружок. Это будет доньшко. По его периметру сделаем надрезы и начнем выкладывать жгуты, плотно прижимая их до полного слипания: первый к донцу, а все последующие друг к другу. Когда горшок вырастет до нужного размера, выровняем пальцами стенки. Горшок можно сделать расширенным кверху или зауженным, чуть-чуть смещая жгуты к внешнему или внутреннему краю. Не беда, если он получится не совсем симметричным: он же единственный в своем роде! Перед обжигом отполируем его и полем ангобом. Оригинальную вазочку сделаем из цельного кома глины, просто выдавив пальцами середину. Чем более замысловатыми и неровными будут края, тем лучше. Главное, чтобы стенки получились одинаковой толщины, иначе наш шедевр треснет при обжиге.

А теперь давайте позовем маленьких детей. Они с удовольствием слепят забавную зверушку, птичку, рыбку или человечка. После обжига (его берем на себя) сами раскрасят свои поделки красками для холодной керамики. Холодные краски — это жидкое калийное стекло, подкрашенное акварелью. Они яркие и красивые, достаточно прочные, застывают при комнатной температуре, поэтому обжигать их не надо. Продаются холодные краски вместе с бесцветным лаком. Если им в несколько слоев покрыть готовую роспись, она внешне ничем не будет отличаться от той, что выполнена керамическими красками. Простой силикатный клей отлично имитирует глазурь: после обжига он образует на поверхности глины прозрачную стекловидную пленку. Ей можно придать цвет оксидом хрома или кобальта. Яркая нарядная игрушка, пусть и не идеальной формы, обязательно станет любимой, ведь она сделана собственными руками.

Глина — самый близкий нам природный материал, благодатный для работы, творчества, самовыражения. С древнейших времен без усталости месят человеческие руки послушную и пластичную глину, лепят из нее и грубые тарелки, и изысканно-утонченные вазы, обжигают, украшают глазурями и цветной росписью. Первым гончаром был Сам Господь Бог, который согласно Книге Бытия из простой глины слепил человека по Своему образу и подобию и вдохнул в него жизнь. Давно работающие с глиной отмечают поразительный факт: она вдруг становится не просто материалом, но полноправным соавтором творений.

Благодарим за предоставленные фотографии художников-керамистов Анастасию Чарину, Екатерину Тюмину и Марию Иванову (Арт-студия «Лофт-керамика», <http://loftkeramika.ru/>)

СОРБОМЕТР™

АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ И ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предназначены для исследования текстурных характеристик дисперсных и пористых материалов, в том числе нанокомпозитов, катализаторов, сорбентов, и т.д.

Характеристики

- Диапазон измерения удельной поверхности: 0,1-1000 м²/г
- Погрешность измерений: 6% во всем диапазоне
- Полная автоматизация циклов адсорбция-десорбция
- Автоматическая калибровка
- Станция подготовки образцов к измерению

Прибор **СОРБОМЕТР** обеспечивает

- Измерение удельной поверхности однотоочечным методом БЭТ



СОРБОМЕТР

СОРБОМЕТР-М



Прибор **СОРБОМЕТР-М** обеспечивает

- Измерение изотермы адсорбции
- Измерение удельной поверхности многоточечным методом БЭТ и STSA, объёма микро- и мезопор
- Расчёт распределения мезопор по размерам

Области применения

- Научные исследования
- Учебный процесс
- Химическая промышленность
- Горно-обогатительная промышленность
- Атомная промышленность
- Производство огнеупорных и строительных материалов
- Производство катализаторов и сорбентов

Кокос

Что за растение кокос? Кокосовая пальма *Cocos nucifera* относится к семейству пальмовых. По значению в жизни человека пальмы уступают лишь злакам, а кокосовая попала в десятку важнейших деревьев мира. Специалисты до сих пор спорят о том, где родина кокосовой пальмы: одни ботаники считают таковой тропическую Америку, другие — острова Тихого океана. Как бы то ни было, сейчас кокосовые пальмы растут на всех морских и океанских побережьях тропического пояса, коралловых островах и атоллах. Кокосы падают в море, и течение несет их к новым берегам. Длительное пребывание в соленой воде не мешает им прорасти, но прибрежные животные не прочь полакомиться молодыми листьями. Поэтому самое благоприятное место для кокосовой пальмы — атолл, где нет диких свиней, грызунов и обезьян.

Плод кокосовой пальмы — костянка, как слива или абрикос. Только средний слой плода, мезокарпий, который находится между кожицей и семенем, у кокоса не сочный, а сухой и волокнистый. Если его содрать, в наших руках останется семя, здоровенная твердая косточка, шероховатая от приставших волокон мезокарпия. Ее и называют кокосовым орехом. Косточка, как и положено, много меньше целого плода, который достигает в длину 20—30 см и весит около 2 кг.

На одном «полюсе» косточки находятся три круглых поры, предназначенные для прорастания зародыша. Выглядят они как темные пятна. Матросам экспедиции Васко да Гамы показалось, что волосатая косточка с тремя пятнами напоминает морду обезьяны, по-португальски «коко». А видовое название растения *nucifera* образовано от латинских слов *nux* («орех») и *ferre* («нести»). Ну что ж, орех так орех.

Что происходит внутри кокосовой косточки? Плод кокосовой пальмы созревает неспешно, 10—12 месяцев. Внутри семени находится зародыш и необходимый ему запас влаги и питательных веществ — эндосперм. Именно его мы едим и пьем. По мере созревания ореха с эндоспермом происходят метаморфозы. Пока зародыш маленький, эндосперм жидкий. Жидкость, а в крупной косточке ее может быть до полулитра, прозрачная, кисловато-сладкая, богатая сахаром и витаминами. По мере развития зародыша эндосперм густеет, мутнеет, в нем появляются капли масла. Эта эмульсия называется кокосовым молоком. Тем временем с внутренней стороны по стенкам косточки нарастает плотный белый слой, вкусный и ароматный. Эндосперм между тем продолжает густеть, затвердевает и образует губчатую сочную мякоть, которая питает корни зародыша. Иногда кокос прорастает на весу, корни проростка остаются в косточке даже тогда, когда растение образовало три-четыре крупных листа. В тропиках эндосперм считается деликатесом, его едят в сыром виде или запекают, но в наши магазины проросшие орехи не попадают, и мы довольствуемся слоем мякоти, выстилающим скорлупу изнутри.

О кокосовых жидкостях. Чтобы выпить кокосовой воды, с дерева срывают молодой зеленый кокос, примерно пятимесячный. Если плод упал, он может подгнить, стать добычей насекомых или грызунов, и жидкость испортится. Кокосовая вода содержит белки, антиоксиданты, витамины группы В и витамин С. В ней нет жира и мало сахара, этот напиток считается диетическим (16,7 ккал на 100 г), он восстанавливает силы после физической нагрузки и хорошо утоляет жажду, помогает при диарее, а благодаря высокому содержанию ионов калия снижает высокое кровяное давление. Для тех, кто живет вдали от пальм, кокосы для питья специально упаковывают и продают. В целом орехе жидкость стерильна. Кокосовая вода продается также в банках и картонной упаковке, но знатоки уверяют, что пить нужно только из свежего кокоса.

Результат «ожирения» кокоса — кокосовое молоко. В нем содержится 17—22% жирных кислот, 6% углеводов, 4% белка и витамины. Из этой суспензии, как из настоящего молока, получают кокосовые сливки. Кокосовое молоко можно приготовить в домашних условиях, вымочив тщательно протертую кокосовую мякоть в горячей воде.

Кокосовое молоко сладковатое на вкус и хорошо утоляет жажду, его пьют сырым, добавляют в чай или кофе, готовят на его основе йогурт. Оно заменяет коровье молоко людям, которые не употребляют животной пищи или страдают непереносимостью лактозы. Если заморозить кокосовое молоко, оно сохранит свежесть, но утратит специфический привкус и аромат, создаваемый лактонами — внутренними сложными эфирами оксикарбоновых кислот, которые содержатся в молоке и мякоти кокоса.



В тропических странах кокосовое молоко используют как компонент для приготовления многих традиционных блюд: пряных соусов, супов, десертов и напитков. Оно благотворно действует на работу пищеварительной системы и печени и нормализует функцию щитовидной железы.

Кстати, вода и молоко — не единственные жидкости, которыми можно поживиться от кокосовой пальмы. Местные жители надрезают молодые соцветия (а длина соцветия один-два метра) и из сладкого сока получают пальмовый сахар, уксус, вино и спирт.

Что такое копра? И вот, слив и выпив жидкость, мы добрались до белой мякоти кокосового ореха. Она жирнее, чем молоко, жирных кислот в ней 36—37%, белка 4%, около 5% сахаров и 9% клетчатки. В кокосовой мякоти множество витаминов, микро- и макроэлементов, особенно много железа и калия. Она входит в состав пряных соусов, выпечки, шоколада, мороженого, ею можно сдабривать каши, из нее делают чипсы, добавляют в супы и салаты. Но будьте внимательны, иногда мякоть кокоса вызывает пищевую аллергию.

Высушенная мякоть кокоса называется копррой. Содержание жирных кислот в ней возрастает до 60—70%, из свежей копрры выжимают кокосовое масло. Как и все растительные масла, оно бывает горячего и холодного отжима. Холодный способ более щадящий, он позволяет извлечь не более 10% масла, зато сохраняет все его полезные свойства.

О полезных свойствах кокосового масла. Кокосовое масло на 90% состоит из насыщенных жирных кислот, поэтому по консистенции напоминает маргарин. Оно хорошо мажется и может стать прекрасной заменой спредов — так называемого мягкого масла, содержащего искусственно насыщенные растительные жиры. Однако кокосовое масло легко растопить, уже при 27°C оно превращается в прозрачную желтую жидкость. Благодаря высокому содержанию насыщенных кислот кокосовое масло очень медленно окисляется, следовательно, хорошо хранится. И, как всякий жир с низкой температурой плавления, оставляет во рту очень приятное, несальное ощущение.

Кокосовое масло — самый богатый источник легко усваиваемых жирных кислот с шестью, семью и десяти атомов углерода. Оно незаменимо для детского питания и лечебных продуктов, предназначенных для людей, которые жирные кислоты с более длинными цепями не усваивают.

В составе кокосового масла преобладает лауриновая кислота — основная жирная кислота грудного молока. Она нормализует уровень холестерина в крови и благотворно действует на сердечно-сосудистую систему.

Это масло не дымит при горении, поэтому на нем можно жарить. Его охотно добавляют и в салаты, а в Индии им часто заменяют сливочное масло.

Кокосовое масло — компонент многих кондитерских изделий, например сухих смесей для выпечки. Но в эти смеси добавляют еще пищеварительный фермент липазу, а в таких условиях кокосовое масло быстро гидролизруется, то есть омыляется. Вкус соответственный.

А вообще, мыло из кокосового масла чрезвычайно ценится за свои очищающие свойства и пышную пену. Это единственное мыло, которое пенится в соленой воде.

Только не путайте кокосовое масло с пальмовым, которое отжимают из плодов масличной пальмы *Elaeis guineensis*. Плод этой пальмы — тоже костянка, но сочная. Пальмовое масло, богатое каротиноидами, получают из его мякоти. Из него делают свечи и мыло, извлекают каротин, используют для смазки. А из семян отжимают пальмоядровое пищевое масло, сходное по свойству с кокосовым.

Как выбрать кокос? Спелость кокоса определяют по коже: изначально зеленая и гладкая, она постепенно темнеет. Спутать зрелый плод с толстым слоем мякоти и молодой орех, в котором одна вода, невозможно. Но в магазин, увы, орехи поступают без кожуры, и мы можем только исключить явную некондицию. Прежде всего внутри должно быть молоко, поэтому орех надо потрясти рядом с ухом, чтобы услышать плеск жидкости. Сам кокос должен быть целым, без трещин и пятен плесени, а поры — лишь немного темнее скорлупы.

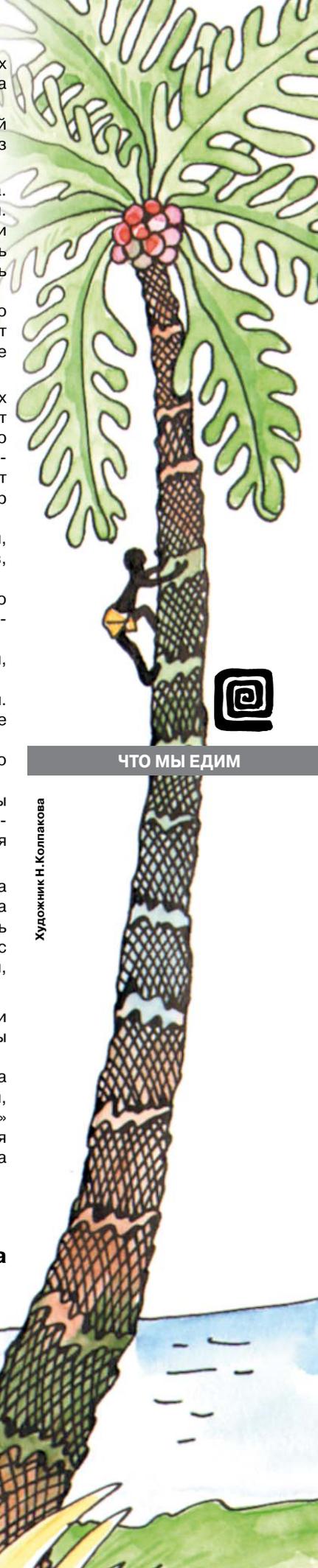
Как открыть кокос? В приключенческих романах кокосовые орехи раскраивали ударом ножа и жадно пили живительную влагу. Местные жители в тропиках так и поступают, а для нас придуманы более цивилизованные способы, чтобы мы ненароком не попали себе тесаком по пальцам.

Сначала выливаем жидкость, чтобы ее не потерять. Чистым гвоздем или ножом для колки льда прокалываем две из трех пор кокоса и сливаем жидкость в стакан. Если вкус и запах у нее приятный, имеет смысл трудиться дальше. Опустевший кокос поворачиваем, сильно ударяя его по «экватору» кухонным молотком или рукояткой тяжелого ножа. В конце концов орех не выдержит и расколется пополам. Мякоть выскребаем ложкой. Чтобы было легче это сделать, поместите половинки кокоса на десять минут в духовку, разогретую до 200°C.

Что бы такое приготовить из кокоса?

Когда будете варить манную кашу, насыпьте в кастрюльку вместе с крупой кокосовую стружку. Получится вкусно.

Н. Ручкина



ЧТО МЫ ЕДИМ

Художник Н. Колпакова

А ВОТ ПИРОГИ — ВСЕ К НАМ БЕГИ! С ЯЙЦОМ И ЛУКОМ — КОПЕЙКА ШТУКА! С МЯСОМ
СОМОВЫМ, ЕЩЕ НА ЗДОРОВЬЕ. ВСЕМ НРАВИТСЯ, НИКТО НЕ ПОДАВИТСЯ!
САМА ПЕКЛА, ВАМ ПРИНЕСЛА!



Матрёнины пироги

Святослав Логинов

Весь день бирючи, надрываясь, выкрикивали по площадям и улицам указ, чтобы мочный люд работу бросал и собирался на войну. Дело такое, не мы войной пошли, а на нас. В таком разе дружиной не оборонишься, всем народом отбиваться надо. Обкричали весь город, только Небожью слободу стороной обошли. Народец там живет негодящий, некому оттуда на войну идти. Однако зашевелилась и Небожка; все на рать, так и я бежать... В Пусынином доме крик ором стоял. Что там Пусыня твердил, людям не слышать было, а Авдотын голос доверху доносился. Вот ты кому бирючом быть.

— Совсем старый с глзду съехал! Какой тебе войны захотелось? Тебе только тараканов по печи гонять!

По всякому пустому делу баба завсегда мужика перекричит, но тут Авдотья умолкла и в скором времени появилась в проулке, таща в охапке боевой дедов кафтан, прошитый стальной нитью. Повесила на плетень и принялась выбивать палкой залежалую пыль. Лупила так, что никакому супостату не ударить. Клубы ржавой пыли вздымались облаками, и понятно было, что эта битва для древнего доспеха будет последней.

Малые мальчишки, которых в Небожке бегала тьма, и все как один — сыновья молодых вдовиц, называющие тятями всякого встречного мужчину, нарезали из лозняка сабелек и порубали непокорные головы окрестным репейникам.

Пропойцы, которым и места нигде, окромя Небожки, не осталось, дружной толпой рванули в кабак. Онова, мол, на войне пропадать. Никакая вражья твердыня их напора не выдержала бы, но кабатчик Донатыч и не такое выдывал, так что никому халявной выпивки не досталось.

Коснулось общее волнение и Матрёниной избы.

— Бабушка, — спросила Мотря, — а нам тоже на войну идти надеть?

— Я те дам — на войну! Наше дело пироги да сайки, а не сабли да сулицы. Давай, тесто меси. Гладко не вымесишь, пирог пышным не получится.

— Мучицы бы добавить. Жидковато тесто.

— Ха! С мучицей кто угодно вымесит. А ты так сумей.

Разговоры не мешали стряпухам делать дело. Мотря, сирота, взятая в обучение, месила тесто в преогромнейшей деже, а Матрёна занималась начинкой: двумя ножами рубила на доске сомовину. Вчера, когда о войне еще никто не слыхивал, рыбаки вытащили из речки двухаршинного сома. Целую рыбину купить никто не мог, и сома продавали на вес. Матрёна купила четыре пласта едва не в пуд весом, и теперь пирожницы готовились выпекать пироги с сомовиной. Зеленого лука был настрижен целый таз, розоватое рыбье мясо нарублено приличными кусочками. Начинку оставалось только посолить, но это делается в последнюю минуту.

Матрёна в большой миске перемешивала рыбу с луком. Мотря отвалилась от дежи и выдохнула:

— Кажись, всё.

— Не кажись, а всё, — ворчливо согласилась Матрёна. Разделочный стол присыпали мукой, вывалили тесто. В две скалки принялись раскатывать. Пару преогромных пирогов с рыбой выложили на глиняные противни и оставили в сторону. Не дашь пирогу расстояться, сразу сунешь в печку, такое спечется, что только волку по зубам. Пока суть да дело, в оставшийся лук покрошили пяток крутых яиц, сдобрили топленным маслицем и налепили еще два противня пирожков с зеленым луком.

Последние остатки теста пошли на плюшки. Их лепили с завитком, с подвыподвертом, сверху мазали медом и густо посыпали маком.

— В полях мак цветет, — вздохнула Мотря, — накрасно. Как кровью по траве спрыснуто.

— Ты бы язычок за зубами придержала. Война у ворот, а она про кровь на траве! Гляди, как бы не сглазить.

— Баба Матрёна, да сколько тому цвету быть? День — и осыплется. В прошлом году тоже цвело накрасно, а мак не вызрел. Натрусили всего ничего, сейчас остатки досыпаем.

— И что с того? Семь лет мак не родился, а голоду не было. Сыпь, не жалея. Будет мак — будет смак. Не будет мак, проживем и так. Поглянь, как там печка? Не пора пироги ставить?

Мотря отложила кубышку с маком, вооружилась кочергой, отодвинув закрышку печи, принялась шуровать в черном зеве.

— Ты смотри, сама там не спекись, — предупредила Матрёна. — С потрохами в самый жар влезла.

— Ничто со мной не сделается, — донесся Мотрин голосок. — Разве что подрумянюсь малость.

Мотря отложила кочергу, взялась за помело, то, что поновее, из можжевельных веток. Старое помело, лыковое уже изрядно износилось и доверия не вызывало. Через минуту печной под был начисто выметен, зола ссыпана в надтреснутый, перепеленатый берестой горшок.

— Готово. Можно ставить.

— Чисто ли вымела? — проворчала Матрёна, но перепроверять не стала.

Двоем они загрузили в печь два больших противня с рыбными пирогами, два поменьше, на которых уложены пирожки с зеленым луком. И у самого края нашлось местечко для маковых плюшек. Прикрыли печь, на минуту сели, сложа руки.

Долго рассиживать не пришлось, это лепить пироги муторно, а в вольном жару пекутся они мигом, только следы, чтобы не сжечь.

Пирожницы успели наскоро переодеться в торговое платье, подготовить сбруйку, достать из погреба напитки, сготовленные с вечера. Сухая ложка рот дерет, и пирог



ФАНТАСТИКА

без запивки в горло не больно лезет. Едва успели всё обрядить, настала пора пироги из печи доставать.

Пироги румяные, духмяные – горячи, только из печи. Сами бы ели, да деньги надо.

Живой рукой разложили печеное на подносы, прикрыли рединкой, затащили на плечах сбрую и, трудно ступая, отправились на торг.

Народу на площади, что и в базарный день не встретишь. Ратники и ополченцы, всех сословий люди. Враг, говорят, к самому городу подошел, так что дым видать от горящих сёл. Непременно сегодня быть сече. В такой день воинский люд копейки не считает, а пирога всем хочется. Был бы пирожник мужиком, что от ратного дела уваливает, так у него бы пироги отняли и самого побили. А старушку с девочкой обижать грех; у них торговля бойко пошла.

Матрёна завопила в голос, созывая покупателей:

— А вот пироги — все к нам беги! С яйцом и луком — копейка штука! С мясом сомовым, ешь на здоровье. Всем нравится, никто не подавится! Сама пекла, вам принесла!

Рядом Мотря звенит голосишком, даром, что малая, а слышать по всей площади:

— Всех напою брусничной водою, квасом, сытою! Налетай, босота кому охота! У нас с Матрёной квасок ядрёный! Расторговались, сами не заметили как.

Налегке решили подняться на стену, глянуть, что за городом творится. А то досужие разговоры слушать, так хоть и вовсе не живи.

Со стены видно далеко и ясно. Кое-где поднимались дымы, и было понятно, что горят пригородные сёла. А так врага и не видать, ни под стенами, ни вдали. Потом за лесом появились оружные люди. Шли пеши, а вернее — бежали, торопясь уйти с открытого места. Матрёна приложила ладонь ко лбу, вглядываясь в синеющую даль, и сказала:

— Наши это. Засечный отряд бежит за стены прятаться. Плохо дело, раз на засеках не удержались.

Следом из-за леса выметнулась конная лава. С полу-взгляда было видно, что это чужаки: тонкие пики, сабли, лисьи шапки и халаты, наподобие боевого кафтана деда Пусыни. Быть бы нашим порубанными, но не растерялись, выстроились ежом, загородились щитами, над которыми вздымался частокол копий. Не жаль себя и коня — нападай. Из центра ежа полетели стрелы. Били редко, по всему видать — скудальсь боевым зарядом.

Городские ворота отворились, оттуда на выручку своим поскакала конная дружина. Честного боя степняки не приняли, откатились назад. Еж распался, пешие воины побежали к спасительным стенам.

— А!.. Смотрите! — закричал кто-то из толпящихся на валу людей.

Поначалу показалось, будто далеко у самого окоёма кружат огромные птицы – орлы или коршуны. Неведомые летуны приближались, и уже было понятно, что таких орлов и таких коршунов не бывает. Тройка летучих ящеров, драконов в самоцветной броне, неуязвимых и недостижимых в небесной выси, пала тройка на людей, словно кречет на зайца. Темное пламя с гулом извергалось из утроб, люди, настигнутые огнем, падали и больше не поднимались.

Тучи стрел взметнулись навстречу крылатой смерти. Стреляли со стены, стреляли и с земли, безоглядно растрчивая последний запас. Наверное, и у бронированных чудищ имелись уязвимые места, потому что, встретив отпор, драконы повертели назад. Один из них

отвалил немного в сторону и плюнул огнем на вершину холма, где крутилась ветряная мельница. Деревянная постройка вспыхнула разом от крыльев до поворотного механизма.

— Это же Петрова мельница! — закричала Мотря. — Он для нас муку мелет!

— Идем домой! — отвечала старуха. — Тут мы ничего не высмотрим.

Матрёна большими шагами шла к Небожьей слободе. Мотря едва попевала следом, порой переходя на трусцу.

— Бабушка, куда мы бежим?

— Домой! Ну, я этим воякам покажу! Лопнуло мое терпение. Пока мужики свою войну воевали, я не мешалась. Не женское это дело — саблей махать. Но раз они змеюку поганую с собой притащили... я с этой змеюкой таких пирогов напеку — заворот кишок случится!

— У нас муки не хватит, змею поганую запечь. И как потрошить ее, я не знаю. Нож, поди, затупится.

— Ничо, управимся. По сусекам поскребем, оно и хватит. А потрошить змею и вовсе не станем, в пирог всё завернешь...

Матрёнин дом во всей слободе был самым большим. На улицу тремя окнами смотрела белая изба, а за ней, ниоткуда не видимый, прятался наполовину ушедший в землю зимник. Был он укрыт ото всех ветров, а печь в нем стояла такая, что в ней можно было мыться, словно в бане, а на печной лежанке не один человек мог улечься, а пятеро в ряд. В этой печи Матрёна с Мотрей и пекли пироги, знаменитые на весь городской рынок.

Матрёна, не заходя в чистую избу, направилась в зимник. Поставила на место подносы, скинула сбрую и торговое платье, оставшись в серой исподней рубахе. На рубаху, не надевши рабочего платья, повязала передник. Скинула платок, распустила по плечам седые волосы. Мотря, замерев, следила за старухиными приготовлениями.

Под завязки передника Матрёна засунула пожелтевшую от долгого употребления скалку. Высунулась в сени, вернулась с метлой, которой по воскресеньям мели проулок.

— Помело, говорят, лучше будет, — нерешительно подсказала Мотря.

— Умная... — протянула Матрёна. — А теперь умишком своим сообрази, что годы мои не маленькие, отяжелела я, помело меня, поди, и не снесет. На метле — вернее.

— Бабушка, ты меня с собой возьми, — попросила Мотря.

— И думать не моги! Там не забава, а бой кровавый. Дома будешь сидеть, кашу варить.

— Какую кашу? Зачем?

— Пшённую! Завтра пшенички стряпать будем, так чтобы всё было готово!

— Мука на исходе. Змею запекать, так всё потратим, на пшенички горстки не останется.

— Ну, Мотря, ты простота! Тебе, что ни скажешь, ты всё за чистую монету принимаешь. В общем, из дома носа не высовывай, и чтобы каша к сроку была готова. Да смотри, пшено промой, как следует.

Матрёна гикнула, взмахнула метлой и исчезла в устье печи.

Казалось бы, какова ни будь печь, а с метлой промез ног — не развернешься, однако печь крякнула и выпустила Матрёну через трубу. Так-то не полагается ведьме среди дня по поднебесью летать, а пришлецам драконов приводить — полагается?

Мотря осталась одна. Кашу варить... Даже ногой топнула от обиды. Сама Матрёна небось не такую кашу заваривает, а ее дома оставила.

Распустила волосы, скинула сарафан. Оглядела себя придиричиво. Коротка рубашка, днем в такой летать на виду всего народа — срамно. А и плевать! Дед Ефрем сказку баял про молодую ведьму Катьку Сорочку, так у нее рубашка еще короче была, а охальничать да смехи над Катькой смеять никто не смел.

Перепоясалась передником, выбрала скалку поздоро-вее. Нерешительно протянула руку за помелом. Какое выбрать? Лыковое постарее, поопытнее, а вересовое Мотря сама вязала, оно к руке ближе, да и не обшарпанное. Схватила вересовое и, зажмурясь, нырнула вслед за бабкой Матрёной.

Дневной свет ослепил в первое мгновение. Мотря ввинчивалась в небесную синь, что бурав в сосновое бревно. Красота несказуемая — дух захватывает! Не так часто выпадает ведьме случай безвозбранно летать среди бела дня на виду у целого города.

Опомнившись, Мотря приостановила подъем и огляделась. Город отсюда, почитай, не различим, только княжий терем сереет тесовой крышей, да вытопанным квадратом темнеет базарная площадь. Заросшие муравой улочки и окруженные садами дома сливаются в одну зеленую купу — не поймешь, город или роща. А вот села, по которым прошел враг, выделялись черными проплешинами. Такие горелые пироги стряпает война.

Матрёну удалось найти не сразу, и если бы не вспышки драконьего пламени, то и вовсе бы не разглядеть. Старуха носилась над самым лесом, ловко уворачиваясь от драконов, впуская пыхающих огнем. Драконов было три, но один в первую же минуту остался без всадника и не столько гонялся за противницей, сколько впуская валит лес. То-то дешево дрова будут по осени!

Серьезного перевеса не было ни у одной из сторон, но издалека, от лагеря Шайтан-Мурзы на помощь своим летел еще один змей. Был он крупней собратьев, издали броня его казалась аспидно-черной. Черным было и одеяние драгуна, лишь золотая шапка сияла нестерпимой искрой. Вот на золотую шапку и нацелила Мотря свой удар. Она развернула помело и помчалась, обгоняя собственный визг.

Вряд ли драгун (именно так называют наездников на драконах) успел понять, что произошло. С налета отоварить скалкой по темени, тут никакая шапка не спасет. Драгун кувырнулся вниз, а поскольку сам летать не умел, то всей жизни ему оставалось полверсты до земли.

На этом Мотре надо было бы бросить одуревшего ящера, поспешить на помощь уставшей Матрёне, но безрассудная девчонка сделала свечку и грохнулась напрямик на спину огнедышащего зверя.

Дракон гневно вострубил и винтом ушел в небо.

Удержаться на спине взбесившегося чудовища почти невозможно. Драгунов учат этому искусству годами. Тут нужна могучая сила и невероятная ловкость. Сорвешься со спины, шипастый хвост изрубит в мясную начинку, как Матрёне вовек не измолоть. Ловкости Мотре было не занимать, а вот силы, что у мыши-амбарницы, потому управлять драконом, сидя в принайтовленном креслице, Мотря и не пыталась. Шея у дракона гибкая, как и положено змее; на кресле сидючи, можно на зуб попасть, если не удержишь стальные поводья. Сколько тесто ни меси, а на такую работу силы не накопишь. Тут не пирожницей надо быть, а кожейякой.



ФАНТАСТИКА

И всё же Мотря сдаваться не собиралась. Она вскочила на самый змеиный загревок и что есть мочи шмякнула скалкой:

— На, тварь!

Скалка переломилась. Змея, кажется, и не заметила удара.

Мотря взмахнула помелом и, забыв, что нужно оно для полета, а не для драки, принялась охаживать огнедышащее чудовище вдоль ушей, по носу и вообще куда ни поподя. Колючие можжевельные ветки не много вреда могли нанести бронированной морде, но Мотря продолжала лупцевать несущегося дракона.

— Вот тебе! Вот... Тва-арь!..

Первого драгуна Матрёна сбила, пользуясь тем, что никто не ожидал нападения. Налетела, что ястреб на цыплят, тюкнула недруга по макушке, он и закувыркался на землю, собирать свои косточки. Двое уцелевших такого уже не позволяли. Они методично теснили старую ведьму, прикрывая друг друга и стараясь зажать Матрёну в тиски. Покуда Матрёне удавалось уйти от ударов и жгучего пламени, но долго так продолжаться не могло. Прижмут к земле, тут тебе и крышка — большая, крылатая, огнедышащая.

Но в самый разгар круговерти объявилось такое видение, что и во сне случается лишь на обманный понедельник. Огромнейший темный дракон, без всадника да и вовсе без упряжи, несся, не желая замечать преград, а вокруг, словно кусачая муха вилась летящая на помеле Мотря. Видок у девки был — раз глянешь, не проморгаешься. Но Мотре начхать было на девичью стыдливость. Раз за разом она налетала на чудовище, соскакивала с помела, в падении била можжевельной вязкой по удивленной змеиной морде и вновь подхватывалась на воздух. За общим шумом визга слышно не было, хотя визжать Мотря умела — будь здоров.

Вся эта свистопляска со страшным треском врезалась в бок одному из драконов, атаковавших Матрёну. Что случилось с наездником, он и сам, наверно, не понял, а сбитый дракон закувыркался к земле, где слепящая вспышка навеки обозначила место, что у потомков будет называться Горелым логом.

Темный дракон словно не почувствовал удара. Ни скорости он не снизил, ни направления не изменил, продолжал нестись незнамо куда, и по-прежнему мухой кружила вокруг Мотря на помеле.

Зато в битве старой ведьмы пронесшаяся дикая охота произвела решительный перелом. Опытная ведьма всегда переиграет одинокого дракона и собьет с его спины всадника. Дракон останется жив и неуязвим, но им никто не будет управлять. Сорвать сбрую, стальные трензеля, разрывающие пасть, дракон, скорее всего, не сможет и

через полгода-год издохнет в каком-нибудь логове. За эти полгода он может нанести прорву вреда, но гораздо меньше, чем если бы им руководила воля драгуна.

Последнего всадника Матрёна спешила почти у самой ставки Шайтан-Мурзы. Убедившись, что недруг сломал шею, Матрёна поспешила домой. Тревожно было за девочку, где еще такую найдешь.

На виду у города Матрёна маячить не стала, и без того разговоров не оберешься. Издали прицелилась и серой молнией ухнула в трубу. Уже в трубе почуяла неладное: жар был такой, что волосы затрещали и голик на метле затлел. Но в трубе не развернешься... Матрёна вывалилась в горячую печь, с воплем выкатилась наружу. Хорошо, кадушка с водой была полна, и всю воду Матрёна на себя тут же и вылила. Только после этого перевела взгляд на Мотрю, которая застыла, разинув рот.

— Ты что творишь, дурында?!

— Пироги пеку.

— Какие тебе пироги? С чем?

— С таким. Твареньку кормить.

— Какую еще Вареньку? — возвысила голос Матрёна.

Мотря схватила деревянную лопату, поддела на нее большой, неловко слепленный и слегка подпаленный подовый пирог и направилась к выходу в проулок. Матрёна, не ожидая хорошего, двинулась следом.

В проулке, укрывшись под старой, давно не плодоносящей грушей, лежал дракон. На земле он уже не казался столь громадным, как в воздухе. Крылья сложены, раздутый зоб опал. И цвет у него был не черный, а сапфировый. Бывают такие сапфиры — с виду черный камень, а в глубине отблескивает немыслимый синий огонь. При виде Мотри змеюка распахнула пасть, и девочка с маху отправила туда горячий пирог. Пасть захлопнулась, дракон принялся громко жевать.

— Тваренька! — пропела Мотря. — Тварюша!

Ухватила оставленное у стены помело и принялась мутузить колючими ветками по драконьей морде. В утробе дракона глухо зарокотало.

— Ишь, как мурлычет! Ей нравится, когда колюченьким по носу.

— Не было у бабы печали, — промолвила Матрёна, — завела порося. Где мы твою Варю держать будем, чем кормить? Мурлыкать она мурлычет, а не кошка.

— Поселим в старом амбаре, — немедля нашла выход Мотря, — всё равно он пустой стоит. Стены квасцами обмажем, вот они и не загорятся. А кормить будем пирогами. Видела, как она хорошо кушает?

— Да уж, кушает она славно. Муку небось всю стравила? И дрова пожгла.

— Мучицы маленько осталось, а дров я ни полена не стратила. Нам теперь дрова вовсе без надобности. Вот, смотри: Тварюша, стопи печечку...

Чудовище сглотнуло остатки пирога, вытянуло змеиную шею, так что голова скрылась в доме. Там что-то громко упало, рокот сменился ревом, затем Матрёна увидела, как из трубы сажени на две выметнуло пламя.

— Перекалишь печь, — предупредила Матрёна, — пироги сгорят.

— На противне не сгорят, — отмахнулась Мотря, — а подовые мы Тваре отдадим.

— Экая ты шустрая! Где мы муку возьмем? Городская мельница сгорела, да и война не кончилась. Хлеб — что в зерне, что молотый — дорогонек будет. А и была бы мука, с чем пироги печь станем? На пирогах с таким не прожи-

вешь. Весна, время голодное. Со снытью, с крапивой, с кислицей — пироги дешевые, а сома тебе каждый день никто из реки вытаскивать не станет. Такие рыбины раз в три года попадают.

— Сама поймаю.

— Та поймаешь сома? Да тебе и карася не выудить!

— Да не про рыбу я говорю! Я сама по себе пойду и чего-нибудь сыщу для пирога. Мы с Тварей в лес полетим и заломаем лося. Или медведя... Пирог с медвежатиной — скажешь, плохо?

— С чего ты взяла, что твоя Варя будет помогать? Напоаётся пирогов и улетит в Дикую Степь.

— Не улетит. Она не умеет одна жить. Она была совсем змеюшенишем, когда ее из гнезда украли. А потом всю жизнь держали на цепи. Удила у нее, знаешь, какие были? Стальные, а на трензелях шипы вот такущие. У нее весь рот этими шипами истерзан. А я, когда Тварька на землю спустилась, железо с нее сняла и помелом приласкала. Ее никто раньше не приласкивал, так что она меня теперь не бросит.

— Кто тебе эту глупость сказал?

— Тваренька.

— Она, что, говорить умеет?

— Не-а. Говорить не умеет, а сказать может.

— Тебя слушать — последние мозги спекутся. Всё равно ничего из твоей охоты не выйдет. Весна, звери после зимней голодовки не отъелись, мясо у них тощее и воняет. Это не пироги будут, а позорище. Опять же, мукой в лесу ты не разживешься.

— По сусекам поскребу, — мрачно сказала Мотря. Потом глаза ее засверкали, и она добавила: — А можно еще так сделать... Мы завтра с Варей слетаем во вражий стан и притащим Шайтан-Мурзу. Он говорят, добренный, пудов десять будет. Никто не скажет, что у него мясо тощее. А ты сама учила, что в пирог всё завернешь.

— Совсем сдурела? Мурза хоть и Шайтан, а человеческого рода. Пироги с человечинной только дикая Яга печет. Так ее даже черти боятся. И ты так же хочешь?

— Ну, баба-Матрёна, ты простота! — сквозь смех выкрикнула Мотря. — Тебе что ни скажешь, ты всё за чистую монету принимаешь. Ну зачем мне пирог с Мурзой? Мы Мурзу на веревке к князю притащим, а в награду потребуем полный амбар муки. У князя-то небось есть.

— Понятненько... — Матрёна недобро прищурилась. — Шибко взрослой себя вообразила? На войну без позволения умотала — я смолчала. Гаду огнедышащую в дом привела — я стерпела. А теперь, значит, над старухой смеяться повадно стало?

Матрёна ухватила метлу, корявыми пальцами распустила вицу, так что голик рассыпался на кучу прутьев, выбрала розгу подлинней, со свистом секанула воздух.

— Ты у меня узнаешь, как над старухой галиться! Марш в избу, ложись на лавку да подол задержи!

Такая она жизнь! Хоть геройствуй, хоть безобразничай — до поры всё с рук сходит. А потом прикажет бабушка — и ложись на лавку, подставляй голую попу под отчие шелёпы. И всей надежды, что смилуется Матрёна, не доведет дело до порки.

Мотря живо отпрыгнула в сторону, спряталась за сыто урчащим драконом.

— Бабушка, не надо розгой! Вон, Тварьку посеки, ей нравится, а меня не надо! Тварьку, Тварьку выпори! А я тебе пирожка спеку... сдо-обного!





Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ



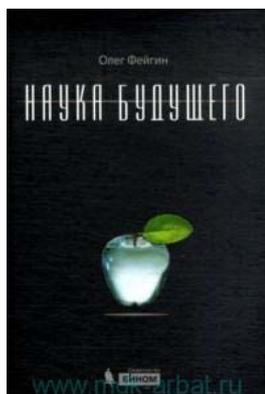
КНИГИ

Ричард Докинз
Расширенный фенотип:
длинная рука гена
Астрель, 2013



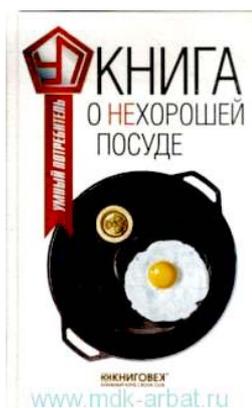
Ясность изложения, юмор и железная логика делают даже строго научные труды Докинза доступными широкому кругу читателей. «Расширенный фенотип» развивает идеи, описанные в его знаменитой книге «Эгоистичный ген», где эволюция и естественный отбор рассматриваются «с точки зрения гена». «Расширенный фенотип»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

Олег Фейгин
Наука будущего
Бином. Лаборатория
знаний, 2013



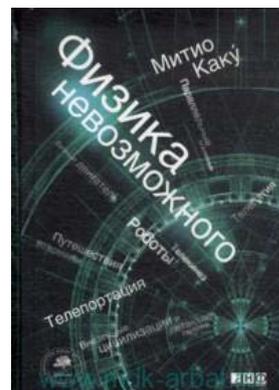
Как родился наш мир и каково его будущее? Есть ли иные миры и иные измерения? Что такое жизнь и разум и как они возникли на нашей планете? Можно ли создать искусственный интеллект и к чему приведет его создание? Какие тайны хранит в себе гидросфера Земли? Автор книги рассматривает эти и другие подобные вопросы через призму последних достижений в астрономии, физике, химии и биологии..

Виталий Прохоров
Книга о нехорошей посуде
ООО «Книжный Клуб Книговек»,
2013



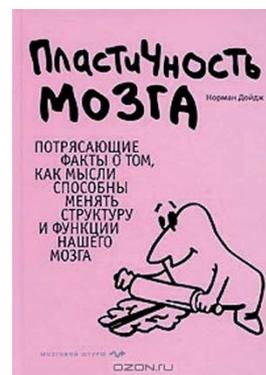
Книга рассказывает о том, что происходит с посудой, в которой мы готовим и храним еду, и как это делать правильно, чтобы не повредить своему здоровью. Сначала — экскурс в историю: от посуды из листьев и плодов растений до фарфора, позолоченных обеденных сервизов XIX века и современной полимерной посуды. Отдельно рассматривается металлическая посуда — алюминиевая, нержавеющей стали, эмалированная и чугунная, серебряная, позолоченная, из меди, бронзы и мельхиора... Также вы узнаете, почему в посуде с антипригарным покрытием нельзя хранить пищу, чем могут быть опасны фарфор, керамика и стекло, краски и эмали, и почему одноразовую посуду не надо использовать повторно.

Митио Каку
Физика невозможного
Альпина нон-фикшн,
2013



Какие прогнозы фантастов и футурологов сбудутся у нас на глазах? На этот вопрос пытается ответить Митио Каку, американский физик японского происхождения, один из авторов теории струн. Рассказывая простым языком о самых сложных явлениях и новейших достижениях современной науки и техники, он стремится объяснить основные законы Вселенной. Из книги «Физика невозможного» вы узнаете, что уже в XXI веке могут стать реальностью силовые поля, невидимость, чтение мыслей, связь с внеземными цивилизациями и даже телепортация и межзвездные путешествия.

Норман Дойдж
Пластичность мозга:
Потрясающие факты о том,
как мысли способны менять
структуру и функции нашего мозга
Научный мир, 2012



Представление о том, что мысли способны менять структуру и функции мозга даже в пожилом возрасте, — важнейшее достижение в области неврологии за последние четыре столетия. Норман Дойдж рассказывает о блестящих ученых, развивающих пока еще новую науку о нейропластичности, и о поразительных успехах людей, жизнь которых они изменили. В книге есть примеры выздоровления пациентов, перенесших инсульт; описаны случаи, когда половина мозга перепрограммирует себя для выполнения функций отсутствующей половины, истории о людях, которые преодолели необучаемость и эмоциональные нарушения, повысили уровень интеллекта или восстановили свой стареющий мозг.

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



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Стресс и звук

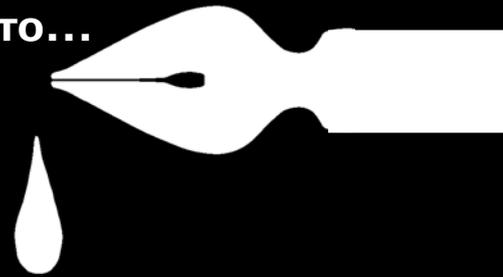
«Не буди во мне зверя, уменьши громкость своего звучания!» Кто чаще всего говорит такие слова? Шведские психологи из Каролинского института и Стокгольмского университета установили: эмоционально истощенная женщина, которая к тому же оказалась под влиянием стресса.

В своей работе («PLoS ONE», 2 января 2013 года; doi:10.1371/journal.pone.0052945) они подвергали группу из 208 женщин и 140 мужчин различным видам стресса, например заставляли по пять минут держать руку на льду или помещали под постоянное наблюдение, а затем просили оценить громкость звука. Оказалось, что участницы, которые находились в нервическом состоянии из-за постоянной эмоциональной нагрузки, воспринимали как неприятно высокую даже нормальную громкость звука, соответствующую обычному разговору. А вот те, у кого с нервами все было в порядке, наоборот, сразу после стресса считали и повышенную громкость нормой, что неудивительно: подвергнутый стрессу организм должен готовиться к дальнейшим опасностям, а не стремиться к комфорту. Эффект был чисто женским: различие между мужчинами не превышало статистической ошибки. Что характерно, до начала испытаний все участники реагировали на звуки почти одинаково.

Таким образом, авторы исследования впервые эмпирически показали: повышенная чувствительность к звукам — не обязательно врожденное качество, она может вызываться стрессом. Неудивительно, что многих столь раздражают разговоры в бане или громкая музыка на курортах: приехал снять стресс, а тут на тебе...

С.Анофелес

Пишут, что...



...снежный покров в районе антарктической станции Восток — идеальный природный планшет для сбора космической пыли («Лед и снег», 2012, 120, 4, 146—152)...

...солнечная активность зависит от положений Венеры, Земли и Юпитера, в частности она достигает максимума, когда эти планеты находятся на одной линии от Солнца («Вестник Московского университета», 2012, 4, 56—61)...

...беспилотные летательные аппараты способны решать те же задачи по исследованию атмосферы, что и самолеты-лаборатории, и могут быть особенно полезны во время чрезвычайных ситуаций, таких, как пожары 2010 года («Метеорология и гидрология», 2013, 1, 90—99)...

...геологоразведочные работы на твердые полезные ископаемые в 2012 году по плану должны были получить финансирование в объеме 7,2 млрд. рублей из федерального бюджета и 40 млрд. из средств недропользователей («Разведка и охрана недр», 2013, 1, 3—10)...

...общая площадь районов падения отделяющихся частей ракет-носителей на территории России приближается к $8 \cdot 10^6$ га («Инженерная экология», 2013, 1, 2—11)...

...борьба с обледенением самолетов идет по трем направлениям: оптимизация аэродинамической компоновки, разработка новых материалов и создание систем, временно деформирующих обледенелую поверхность, чтобы сломать ледяную корку («Новости ЦАГИ», 2012, 96, 6, 24—26)...

...фототерапия с обогащением светового потока длинноволновым ультрафиолетом эффективнее лечит сезонную депрессию, чем фототерапия светом в оптическом диапазоне («Физиология человека», 2012, 38, 6, 87—94)...

...еще М.В.Ломоносов отвергал библейские представления о возрасте Земли («Геотектоника», 2012, 6, 78—90)...

...американское Федеральное агентство по контролю качества пищевых продуктов

и лекарств одобрило первый имплантат сетчатки («Scientific American», <http://blogs.scientificamerican.com/>, 14 февраля 2013, «Nature Photonics», 2012, 6, 391—397, doi:10.1038/nphoton.2012.104)...

...отбор эмбрионов для ЭКО с помощью секвенирования их геномов сейчас стоит около 1000 долларов, а использование секвенатора PGM от компании «Ion Torrent» снизит стоимость на 50% («Nature», 2013, 494, 7437, 290—291)...

...в США эксклюзивное право анализа на мутации в гене BRCA1, формирующие предрасположенность к раку груди и яичника, принадлежит компании «Myriad Genetics», запатентовавшей этот ген; стоимость анализа может достигать 3000 долларов («New Scientist», 2013, 2905, 4)...

...молекула холестерина играет важную роль в клеточной мембране, взаимодействуя напрямую с ее белками, а также участвуя в образовании «липидных плотиков», в которых концентрируются рецепторные и транспортные белки («Успехи физиологических наук», 2013, 44, 1, 17—38)...

...вакцина, содержащая белки вируса иммунодефицита обезьян и ДНК, которая кодирует вирусные антигены, вызвала у макак мощный иммунный ответ против этого вируса («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2013, 110, 8, 2975—2980)...

...в твердых бытовых отходах Екатеринбурга содержится более 55% макулатуры, полимеров и стекла; та же величина характерна для большинства крупных городов РФ («Экология и промышленность России», 2013, 1, 22—25)...

...шмели несут на тельце положительный заряд и различают электрические поля цветов, возможно, таким образом определяя, какой цветок уже посещали другие насекомые («Science», 2013, doi: 10.1126/science.1230883)...

...у пресноводной улитки *Viviparus viviparus* диаметр первого витка раковины не изменяется в течение всей жизни, а диаметры второго и третьего витков слегка увеличиваются («Известия РАН. Серия биологическая», 2012, 6, 630—634)...



Художник А. Анно

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Урок демократии

Швейцария — самая демократичная страна, если под словом «демократия» подразумевать дословный перевод с греческого: власть народа. Чего стоят одни только референдумы, которые можно организовать по самому ничтожному поводу. Например, в режиме прямой демократии до недавнего времени давали швейцарское гражданство приезжим: судьбу каждого заявления решали не чиновники муниципалитета, а его граждане прямым голосованием либо на ассамблее, либо через специальный ящик для бюллетеней. И так было в 80% швейцарских муниципалитетов, пока в 2003 году Верховный суд страны не постановил: это не дело, при обезличенном голосовании не на кого жаловаться, нельзя подать апелляцию на решение. Многие к этому мнению прислушались, и сейчас в режиме прямой демократии гражданство дают лишь в 30% муниципалитетов. Последствия изучили исследователи из Бостона, Лондона и Цюриха на деньги Швейцарского национального фонда науки (Агентство «AlphaGalileo», 30 января 2013 года).

Из 1400 обследованных ими муниципалитетов 600 изменили систему, и в первый же год число положительных решений в них выросло на 50%, а спустя год — еще на 50%. В целом за период 2005—2010 годы дополнительное число натурализовавшихся приезжих составило 12 тыс. человек. Обследование выявило интересные факты. Так, среди просивших гражданства итальянцев рост составил 9%, немцев — 34%. Больше всего от изменения порядка выиграли турки и югославы — рост на 68 и 75% соответственно. Анализ отказов за 1970—2003 годы показал, что при прямой демократии именно национальность заявителя имеет основное значение для успеха мероприятия: не хотят граждане страны, чтобы рядом жили люди чуждой им культуры, логические же аргументы они воспринимать не спешат. В рамках представительской демократии соответствующий чиновник вынужден искать аргументы для отказа, что ему удастся далеко не всегда — именно так объясняют авторы исследования столь сильное расхождение мнения народа и действий его выборных представителей.

А. Мотыляев



Парфюмерия древних

Н.Г.МОРОЗОВУ, Санкт-Петербург: Схватывание гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ускоряют добавки хлоридов натрия и калия, сульфата натрия, а также $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, которые представляют собой готовые центры кристаллизации.

С.С.ИЛЬИНУ, Новосибирск: Действующие солнечные электростанции в РФ есть в Краснодарском и Ставропольском краях, а также в Московской и Белгородской областях; в Кисловодске собираются построить 50-мегаваттную солнечную электростанцию к 2015 году.

О.В.САВИЧ, Владимир: Значения равновесных потенциалов для электродов при заданных температурах вам посчитает, например, программа Гальванопара на xumuk.ru (<http://www.xumuk.ru/galvanopara/>); там же написано, как это делается вручную.

М.В.ИВАНОВОЙ, Химки: Головная боль от мороженого и холодных напитков, или нёбная ганглионевралгия, происходит от того, что сигналы от болевых рецепторов сосудов нёба проводит тройничный нерв, который иннервирует также лицо, поэтому мозг воспринимает сигнал как боль во лбу.

Т.Н.КОВАЛЕВСКОЙ, Москва: Избавиться от крупной моли «без химии» нелегко; если шкафчики вымыты, щели протерты пищевым уксусом, крупы пересыпаны в банки с крышками, а эффекта нет, можно положить в шкафчик очищенную дольку чеснока или мешочек сухой лаванды; хотя вот в Сети пишут, что нынешняя моль и лаванду ест...

Л.Е.КРУТОВСКИХ, Ростов-на-Дону: Название «любисток», вопреки общему мнению, не связано с любовью, а происходит от латинского *ligusticum* — трава из Лигурии; афродизиакон он может считаться в той же степени, что и, например, сельдерей.

М.Ф.СОЛОВЬЕВУ, Армавир: Вместо того чтобы поливать водой или любой другой жидкостью уголь, на котором готовится шашлык, можно равномерно посыпать его крупной солью.

И.Е.М., электронная почта: В вашем письме нам особенно понравилась скромная фраза «все, что написал сам, — хорошо», однако другие читатели могут и не разделять ваш восторг.

Первые химические знания люди получили, когда научились использовать огонь (обработка пищи, выплавка металлов, обжиг керамики), брожение сахаристых веществ и приготовление косметических составов. Косметикой пользовались в доисторические времена, а она невозможна без химии. На Ближнем Востоке употребление косметики было неременной частью личной гигиены. Древние египтяне следили за чистотой тела, притираниями и мазями пользовались не только высшие слои общества. «Масло — лекарство для тела», — писал фараон Аменхотеп III (1411—1375 до н. э.), фараон Сети I (1313—1292 до н. э.) специальным указом увеличил снабжение косметическими маслами своих воинов. Из-за нехватки косметических средств случались забастовки — во времена Рамзеса III (1198—1167 до н. э.) строители пирамид прекратили работу, требуя масло для притираний! Умашивание тела было весьма распространено у ассирийцев, вавилонян, шумеров. «Масло жизни делает суставы человека более гибкими», — гласит клинопись.

Потребность в косметических средствах стимулировала изготовление в большом количестве каменных ваз и других сосудов, которые можно увидеть в современных музеях.

В 26-й главе Евангелия от Матфея читаем: «Приступила к Нему женщина с алавастровым сосудом мира драгоценного и возливала Ему возлежащему на голову». Здесь «алавастр» — это так называемый египетский алебастр (другое название — мраморный оникс), полосчатый камень, добывавшийся в древних каменоломнях Фив. Из него изготовляли вазы для благовоний. Каменные сосуды для благовоний были дороги, со временем для этой цели стали использовать стеклянные бутылки; некоторые археологи полагают, что само изобретение стеклянной посуды было вызвано необходимостью хранить парфюмерную продукцию.

Тысячи лет благовония были важной частью религиозного культа. Важнейшим из них считалось миро — специальный состав из благовонных веществ, который использовался в иудейском и христианском обрядах. Миро использовали для так называемого священного помазания царей и пророков: «И взял Самуил рог с елеем, и помазал его среди братьев его, и почивал Дух Господень на Давиде с того дня и после» (1 Цар. 16: 13). Миром были помазаны на царствование и российские цари. «Мазь и курение радуют сердце» — читаем мы в 27-й главе «Притчей Соломоновых». Сравнение этого текста, цитируемого по синодальному изданию, с английским переводом Библии (*Ointment and Perfume Rejoice the Heart*) показывает, что «мазь» (англ. ointment) — это мазь, помада, притирание, а наша «парфюмерия» (англ. perfume — благоухание, аромат, запах, духи) восходит к латинскому *per fumus* — при помощи, посредством дыма (то есть воскурения).

В Древнем мире благовония использовались и для массажа и для смазывания ран. На папирусах Среднего царства (до 1600 г. до н. э.) упомянуты названия 22 разных мазей, применявшихся в мистических, религиозных и медицинских целях. Египтяне называли ароматические смолы, вытекающие из некоторых видов деревьев, словом *ketai*, которое перешло в греческий как *kommi*; отсюда произошли и англ. gum (камедь, а также резина), гумми (камедь), и гуммиарабик (дословно «аравийская камедь»).

Выяснить химический состав древних мазей и масел для растираний трудно; это не просто даже для современных композиций, что же говорить о косметике, которая пролежала десятки веков и могла измениться под действием различных агентов! Значения иероглифов на папирусах и знаков на шумерских табличках не всегда понятны. Некоторые сведения можно почерпнуть из произведений греческих и римских авторов, которые описывали различные применения масел. Чаще всего использовали оливковое и касторовое масла — особенно беднейшие слои населения. Распространены были также бегеновое масло — из крупных семян растений семейства моринговых, масло из колковинта — растения семейства тыквенных, масло из семян сафлора, напоминающее подсолнечное, а также кунжутное, миндальное и другие. Как душистые вещества упоминаются масла из семян миндала и аниса, корневищ аира и имбиря, цветков и коры кассии, коры коричневого дерева, древесины кедра и сандалового дерева, плодов цитру-

совых, цветков гелиотропа, мимозы, розы, разных тростников, цветков и листьев мяты и розмарина. Использовались как душистые вещества также цветки хны, корневидная ириса, мед, вино и многое другое.

В древних документах почти нет описаний, касающихся технологии получения душистых веществ, — до понятия «маршрутная карта» оставались десятки веков. Для прессования использовали полотняный мешок, который наполняли плодами, а затем складывали так, чтобы на обоих его концах образовались петли. В них вставляли палки, которые вращали в разные стороны. Во времена III династии (около 2670—2600 гг. до н.э.) пресс был усовершенствован: его подвешивали за петли к стойкам. В античные времена начали применять винтовой пресс. Согласно Геродоту, из трех фунтов семян отжимали один фунт масла.

Эфирные масла извлекали с помощью мацерации: душистые растения настаивали в теплом растительном масле в течение двух дней, затем теплое масло фильтровали. Применялось и холодное абсорбирование — лепестки нежных растений помещали на несколько недель в закрытые емкости, а рядом располагали слои жира, которые поглощали пахучие выделения. Перегонки и экстракции растворителями в Древнем мире не знали. В чистом виде эфирные масла использовались редко, они были дороги. Обычно их смешивали с дешевыми маслами, не имеющими собственного запаха.

В Древнем мире в косметических целях использовали и животные жиры — буйволовый, бараний, гусиный. Рыбий жир не применяли из-за не очень приятного запаха. Не использовали мускус, амбру, цибет, бобровую струю — кабарги, кашалоты, циветты и бобры не были известны на Ближнем Востоке.



Сосуд для косметики, вырезанный из куска кальцита. Найден в захоронении Тутанхамона (около 1350 г. до н.э.)



ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

Для приготовления косметических средств применяли те же приемы, что и для приготовления еды. Египетские художники часто изображали эти приемы, а иногда и целое производство.

На древнеегипетских женских портретах хорошо видна применявшаяся в те времена косметика для лица: достаточно вспомнить знаменитый бюст Нефертити. Известное с незапамятных времен подкрашивание глаз вначале имело, вероятно, чисто медицинское предназначение: краска предохраняла от глазных болезней, распространенных на Ближнем Востоке. Египтяне подкрашивали также глаза изображаемых ими богов и фараонов.

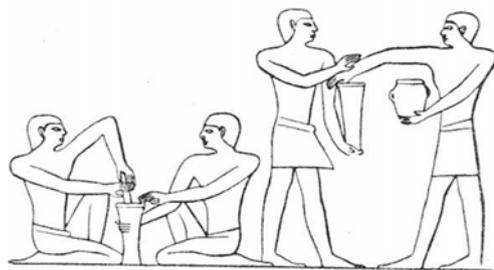
В египетских захоронениях встречаются полотняные и кожаные мешочки, раковины, стебли тростника, наполненные минеральными красками для глаз. В коптском языке одна из таких красок называлась stem, откуда произошли латинское название сурьмы stibium и современный знак этого элемента Sb. Дело в том, что один из ее минералов, черная модификация сульфида Sb_2S_3 , в виде тонко растертого порошка издавна применяли как краску для бровей. Вплоть до XIX века в России бытовало выражение «насурьмить брови»: «Ты постом говей, не сурьми бровей» (М. Цветаева). Русское название элемента — от турецкого сурме

— натирание или чернение бровей. Однако первоначально египетское stem означало другой мягкий черный минерал — галенит, сульфид свинца, им лечили глазные болезни. Египтяне обычно чернили только верхние веки, а нижние окрашивали малахитом в зеленый цвет. Малахит — основной карбонат меди, а медь, как известно, обладает бактерицидными свойствами.

В Месопотамии черный минерал для подведения глаз назывался guhlu; это слово затем перешло к арабам в виде alkuhl и означало тонкий порошок, пудру. У средневековых алхимиков alcohol сначала обозначал любой тонкий порошок, а во времена Парацельса (XVI век) стал обозначать пары летучих жидкостей, которые «возгонялись в воздух», как пудра от ветра. Отсюда недалеко и до современного значения.

Со временем вместо сульфидов свинца и сурьмы для подведения глаз стали использовать прокаленную без доступа воздуха скорлупу миндальных орехов, сажу, минерал пиролюзит (диоксид марганца). К растертому в тонкий порошок пигменту добавляли немного воды, иногда с примесью камеди, и получали пасту, которую пальцем или палочкой из дерева или слоновой кости наносили на веки. Такие палочки часто находят в захоронениях, на них нарисован иероглиф в виде такой же палочки в небольшой круглой чашечке.

Губы и щеки египтяне подкрашивали красной охрой — природной смесью оксидов железа с глиной. Ладони, ступни, ногти и волосы часто красили хной. Жители Месопотамии для тех же целей использовали также аса-фетиду — камедь, добываемую из корней зонтичного растения ферулы, тогда как шумеры предпочитали красить щеки желтой охрой, называя ее «золотой глиной». Жизнь была тяжелая и вредная, но красочная.



Торговцы смешивают разные масла. Рисунок из древнеегипетского захоронения в Саккаре, около 2400 г. до н.э. (из книги «A History of Technology», Oxford: Clarendon Press, 1956)

И.А.Леенсон

11-я международная специализированная выставка

16–19 апреля 2013 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

Аналитика Экспо

Мир инноваций!



получите билет на сайте

www.analitikaexpo.com

- анализ и контроль качества
- контрольно-измерительные приборы
- лабораторное оборудование и технологии
- лабораторная мебель

- химические реактивы и материалы
- комплексное оснащение лаборатории
- биотехнологии и диагностика
- нанотехнологии

Организатор:



В составе группы компаний ITE

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

Соорганизаторы:

НП «РОСХИМРЕАКТИВ»

ААЦ «Аналитика»



НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН
по аналитической химии

Генеральный спонсор:

Научно-производственный рецензируемый
журнал «Разработка и регистрация
лекарственных средств»

