



Ж

2016

ЖИЗНИ И ВМЯХ







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

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

Подписано в печать 27.01.2016

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

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Макса Эрнста «Памятник
птице». Голуби и ястребы в статье
«О птичках, зеках и альтруизме» —
обозначения двух поведенческих стра-
тегий. Могут ли все члены сообщества
стать кроткими, как голуби?
Это маловероятно.

*От души посмеяться
и вволю выспатся — вот два
лучших лекарства
от любого недуга.
Ирландская пословица.*

Содержание

Научный комментатор	
ОБНОВЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАВЕРШЕНО. А.И.Курамшин	2
Проблемы и методы науки	
ОПТОГЕНЕТИКА. КАК УПРАВЛЯТЬ НЕЙРОНОМ С ПОМОЩЬЮ СВЕТА. С.Б.Ястребова	4
Хемоскоп	
ПОРОШОК ЖЕЛЕЗА ЗАМЕНИТ БЕНЗИН. ТОПЛИВО ИЗ РЫБЬИХ ПОТРОХОВ. РИСОВАТЬ ЭЛЕКТРОСХЕМЫ СТАНЕТ ЛЕГЧЕ. А.И.Курамшин	8
Элемент №...	
МЕДЬ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев	10
Интервью	
ЛОВУШКИ ДЛЯ АТОМОВ. В.Н.Глушко	16
Проблемы и методы науки	
РОССИЙСКИЕ «КОРОНЫ» И ДРУГИЕ ЦЕННОСТИ. С.Фролова	17
Нанофантастика	
PRICE. Алексей Ерошин	19
Мысли о будущем	
ЧЕЛОВЕК В КАРКАСЕ. Виктор Вагнер	20
Проблемы и методы науки	
МИКРОФЛОРА НАШЕЙ ТЕХНИКИ. Н.Л.Резник	22
Что мы пьем	
КОФЕ ВАРЕННЫЙ И ПАРЕННЫЙ. Н.Л.Резник	26
Мемуары Игнобеля	
НЕЛЕТАЛЬНАЯ ВОЙНА. С.М.Комаров	28
Математюры	
О ПТИЧКАХ, ЗЕКАХ И АЛЬТРУИЗМЕ. С.Рубина	34
Болезни и лекарства	
ОТ МЕДИЦИНЫ ДЛЯ ВСЕХ — К МЕДИЦИНЕ ДЛЯ КАЖДОГО. А.В.Баранова	36
Болезни и лекарства	
«ВОЛШЕБНАЯ ПУЛЯ» ГАЯ ГЕНРИ ФАЖЕ. С.А.Ястребов	41
Дневник наблюдений	
БЕЛЫЕ НАЧИНАЮТ И ПРОИГРЫВАЮТ. Н.Анина	44
Дискуссии	
УЧЕБНИК ФИЗИКИ: ЗАЧЕМ И КАКОЙ? Л.А.Ашкинази	46
Что мы едим	
ШОКОЛАДНЫЙ ТРЮФЕЛЬ. Н.Ручкина	50
Фантастика	
БЕДНЫЕ СЕРДЕЧКИ. Ирина Истратова	52
Из писем в редакцию	
О КАТАЛИЗЕ ВСЕРЬЕЗ. О.Л.Калия, О.Н.Темкин	60
В погоне за точностью	
ПОСТОЯННАЯ, КОТОРУЮ НЕ РАССЧИТЫВАЛ ЛОШМИДТ. И.А.Леенсон	64
ВОПРОСЫ — ОТВЕТЫ	31
КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	58, 61
ПИШУТ, ЧТО...	62
ИНФОРМАЦИЯ	59
ПЕРЕПИСКА	64

Обновление Периодической системы завершено

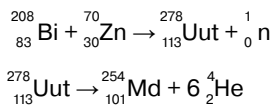
Под самый Новый год химиков, да и всех, кто интересуется современной наукой, ждала отличная новость, даже четыре. Тридцатого декабря 2015 года рабочая группа Международного союза по теоретической и прикладной химии (IUPAC) выпустила коммюнике, в котором констатировала, что, изучив все опубликованные в литературе данные относительно синтеза химических элементов 113, 115, 117 и 118, совместная комиссия IUPAC и группа Международного союза по теоретической и прикладной физике (IUPAP) подтверждают то, что синтез элементов был проведен и заявки их создателей-первооткрывателей на приоритетность открытия соответствуют критериям признания, сформулированным IUPAP/IUPAC в 1991 году.

Новые элементы завершают 7-й ряд Периодической системы, и теперь исследователям из Японии, России и США можно и нужно предложить для них постоянные названия (на латинском и английском языках) и символы. Эти названия и символы должны поступить в Отдел неорганической химии IUPAC, который проверит соответствие предлагаемых авторами названий и символов ряду требований, как, например, логичность и возможность перевода на другие языки. После проверки IUPAC представит возможные названия на пяти-месячное общественное обсуждение, а затем Генеральная ассамблея Международного союза теоретической и прикладной химии официально примет решение о названиях и символах и разрешит включить их в Периодическую систему уже под новыми именами.

Давать названия химическим элементам IUPAC рекомендует по их химическим и физическим свойствам, минералу, из которого элемент был выделен, или же в честь страны, географического объекта либо ученого. Очевидно, что ни одного из четырех новых жильцов Периодической системы невозможно назвать в честь минерала или свойств. Все четыре элемента получили искусственным путем, в результате термоядерных реакций, а их ядра, полученные в очень небольших количествах, распадались на меньшие по размеру и более устойчивые дочерние ядра за время, которое просто не позволит установить их химические и физические свойства.

В соответствии с решением IUPAC приоритет в открытии элемента 113 (временное название — унунтрий, или стотринадцатый, ununtrium, Uut) и право назвать его принадлежат Институту физико-химических исследований Японии (RIKEN). Впервые японские исследователи сообщили о синтезе этого элемента методом холодного слияния ядер почти 12 лет назад, в 2004 году, а более убедительные доказательства своего открытия предоставили в 2012-м.

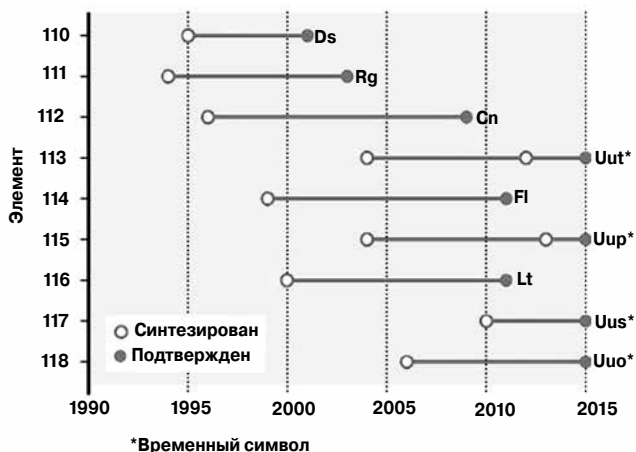
За это время им удалось не только получить три ядра этого элемента с помощью бомбардировки мишени из висмута-208 ядрами цинка-70, но и изучить схему его распада, которая тоже довольно необычна для трансфермиевых элементов — унунтрий претерпевает шесть последовательных α -распадов, в итоге превращаясь в менделеевий-254 («Journal of the Physical Society of Japan», 2012, 81, 103201, doi: 10.1143/JPSJ.81.103201).



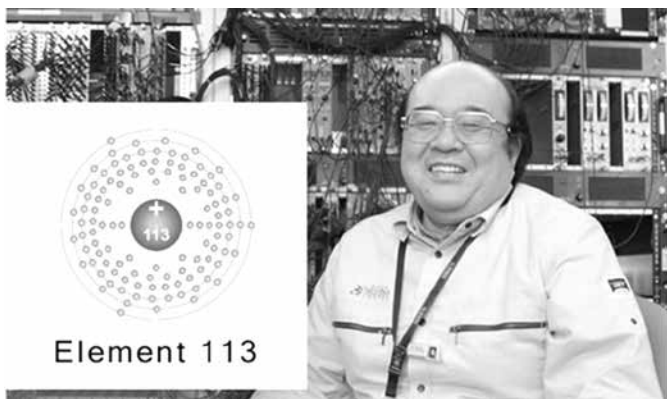
Свою заявку на открытие унунтрия подавали также российские и американские физики-ядерщики. В 2004 году в результате совместного эксперимента, целью которого был синтез элемента № 115 с помощью горячего слияния ядер, физики из Объединенного института ядерных исследований в Дубне и Ливерморской национальной лаборатории в Калифорнии фиксировали среди продуктов последующего распада унунпентия (стопятнадцатый, ununpentium, Uup) другой нуклид унунтрия — ${}_{113}^{286}\text{Uut}$. В ходе совместной работы российской и американской исследовательской групп над этим проектом было обнаружено около сотни ядер унунтрия, к тому же нуклид ${}_{113}^{286}\text{Uut}$ оказался более стабильным — время его жизни составляло в среднем 19,6 секунды.

Тем не менее, принимая решение о том, кому принадлежит пальма первенства в открытии неуловимого сто тринадцатого, комиссия IUPAP/IUPAC решила, что главное не количество экспериментов, а их качество — эксперименты японских физиков были признаны более чистыми и информативными. Полученные исследователями из RIKEN легкие изотопы унунтрия в ходе своего распада превращались в уже хорошо изученные нуклиды, например борий-266, в то время как распада тяжелых изотопов Uut протекают с образованием новых, ранее не наблюдавшихся ядер, состав и строение которых еще требуют дополнительных доказательств.

Таким образом, элемент № 113 станет и первым химическим элементом, и первым искусственным элементом, название которому придумают ученые не из Европы и не из Америки. Еще в 2004 году после первого удачного эксперимента японские ядерщики предположили, что в случае успеха назовут этот элемент «японием» или «джапонием» (japonium, Jp).



Химические элементы, дополнившие Периодическую систему в XXI веке (адаптация инфографики «Nature»)



Косуге Морита, руководитель группы, признанной первооткрывателем элемента №113, и его менее удачливый коллега Масатака Огава (Фото: RIKEN)



長岡 公

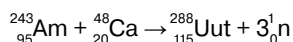


НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Надо отметить, что это уже вторая попытка японцев попасть в Периодическую систему. В 1909 году профессор Токийского университета Масатака Огава заявил, что, анализируя минералы торинанит, реинит и молибденит, обнаружил элемент № 43, который назвал «ниппонием» (nipponium, Np). Впоследствии стало ясно, что «экамарганец»-технеций, не имея стабильных изотопов, не может содержаться в земной коре, и, как показали исследования 2004 года («Spectrochimica Acta Part B», 2004, 59, 1305—1310, doi: 10.1016/j.sab.2003.12.27), «ниппоний» Огавы — это на самом деле открытый еще в 1871 году рений.

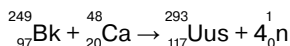
Хотя IUPAC/IUPAP присудили первенство в открытии унунтрия японским физикам, специалистам из Дубны и их американским коллегам тоже есть чем гордиться. Кроме того, им пора обдумывать названия и для своих открытий.

Приоритет в открытии элемента № 115 (унунпентий, ununpentium, Uup) был присужден ученым из ОИЯИ, Ливерморской национальной лаборатории и Национальной лаборатории Ок-Ридж, которые в совместной работе получали ядра этого элемента, бомбардируя мишень из америция-243 ядрами кальция-48 («Physical Review C», 2005, 72, 3, 034611, doi: 10.1103/PhysRevC.72.034611). Среднее время жизни наиболее устойчивых нуклидов составляло 220 миллисекунд.



Результаты синтеза унунпентия были подтверждены контрольными экспериментами международной группы исследователей во главе с физиками из Университета Лунда (Швеция) и в Институте по изучению тяжелых ионов имени Гельмгольца (Дармштадт, Германия).

Эта же тройка научных центров оказалась и первооткрывателями «эка-астата» — унунсептия (элемент № 117, ununseptium, Uus). При его получении в качестве мишени для ядер кальция-48 был выбран берклий («Physical Review Letters», 2010, 104, 14, 142502, doi: 10.1103/PhysRevLett.104.142502).

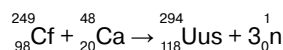


Ядра этого элемента в среднем жили около 50 миллисекунд. Существование сто семнадцатого элемента также подтвердилось в экспериментах Института по изучению тяжелых ионов имени Гельмгольца.

Уже через неделю после заявления IUPAC о подтверждении синтеза элемента № 117, 7 января 2016 года, британский химик Кэт Дэй разместила в Интернете петицию, в которой предлагает назвать этот элемент «октарином» (octarine, Oc) в честь «восьмого цвета радуги» из романов о Плоском мире британского писателя Терри Пратчетта, скончавшегося в мар-

те 2015 года. По Пратчетту, октарин видят только волшебники (и еще кошки), тем не менее он вполне реален и указывает на присутствие магии.

И наконец, открывателями самого тяжелого на настоящий момент элемента, завершающего седьмой ряд Периодической системы, — «экарадона» (унуноктий, ununoktium, Uuo) признаны ученые из ОИЯИ и Ливерморской национальной лаборатории. При получении этого элемента мишенью для луча из ядер кальция-48 стал калифорний-249 («Physical Review C», 2006, 74, 4, 044602; doi: 10.1103/PhysRevC.74.04460).



У этого элемента тоже непростая история открытия. Впервые о его синтезе сообщили физики из Беркли в 1999 году, однако синтез унуноктия по заявленной методике не удалось воспроизвести в нескольких центрах ядерных исследований — российском, немецком и американском, из-за чего это первое заявление было признано ошибочным («Physical Review Letters», 2002, 89, 3, 039901, doi: 10.1103/PhysRevLett.83.1104), а его авторов даже обвиняли в фальсификации результатов.

Таким образом, предновогоднее сообщение IUPAC/IUPAP позволяет надеяться, что для учебных заведений, в которых преподается химия, и для всех, кто ее изучает, к новому учебному году будет издана новая версия Периодической системы, заполненная вплоть до седьмого ряда включительно, — без пустых клеток и рабочих названий элементов, образованных от их порядковых номеров.

Но заполненный седьмой ряд Периодической системы не предел — физики всегда готовы смело идти за пределы изведенного, туда, где не ступала нога человека. Уже анонсированы планы нескольких ядерных центров синтезировать элементы с номерами 119 и 120. Более того, еще в 2012 году в Институте по изучению тяжелых ионов имени Гельмгольца в течение пяти месяцев предпринимали попытки получить ядра химических элементов со ста девятнадцатью и ста двадцатью протонами, хотя и безрезультатно. Но, как оптимистично полагает физик-ядерщик из Ливерпульского университета Рольф-Дитмар Херцберг, существующие методы синтеза сверхтяжелых элементов позволят справиться и с этой задачей. Однако и Херцберг, и другие его коллеги сходятся во мнении, что шансы на получение элементов с номерами большими, чем 120, исчезающе малы.

Доцент Казанского федерального университета, кандидат химических наук

А.И.Курамшин

Оптогенетика

Как управлять нейроном с помощью света

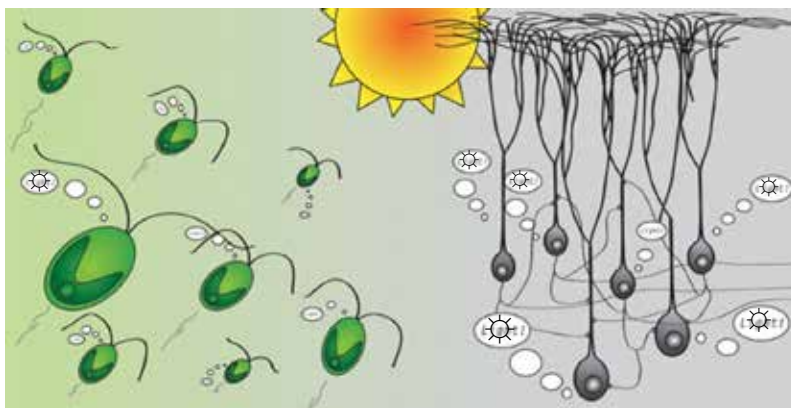
С.Б.Ястребова

Оптогенетика — метод исследования возбудимых клеток, использующий белки, которые встраиваются в мембрану клетки и активируются светом (отсюда «опто»). Такие белки (опсины) есть у большинства животных в сетчатке глаз, а также у некоторых растений, например у зеленых водорослей. Чтобы встроить фотоактивируемые протеины в мембраны нейронов, приходится привносить в нейроны гены родопсинов, полученные из других организмов, отсюда «генетика». В 2015 году оптогенетика отметила свой десятилетний юбилей. За это время эффективный инструмент изучения нервной системы окреп и получил ряд применений, которые изначально были недоступны.

Мозг и его элементы

Сознание, личность, интеллект — все это создается нейронами. А значит, если мы хотим изучать эти аспекты человеческого (и не только) существа, обязательно надо понимать, что происходит с нервными клетками объекта исследования. Главная проблема в том, что этих нервных клеток чересчур много и уследить сразу за всеми нейронами невозможно. К тому же нервные клетки имеют тенденцию образовывать скопления, поэтому отделить действие одного нейрона от другого, да и воздействовать на каждую клетку по отдельности в большинстве случаев проблематично. Отсюда есть два выхода: смириться и регистрировать активность групп клеток, получая некую «среднюю температуру по больнице», либо все-таки пытаться исследовать один нейрон, по возможности — очень нужный и важный для организма. Первое чаще применяют при исследовании мозга млекопитающих, второе — на простых нервных системах (например, отслеживают электрическую активность крупных «командных нейронов» оборонительного поведения виноградной улитки или похожих по свойствам клеток морского брюхоногого моллюска аплизии). Моллюски, черви и дрозофилы с их сравнительно небольшими нервными системами — это, конечно, хорошо, но от человека они весьма далеки. Хочется исследовать кого-то, чей мозг по строению ближе к нашему, и поэтому чаще выбирают первый подход.

Методов исследования нервной системы много, но они почти всегда не очень точны. Есть функциональная магнитно-резонансная томография, которая не дает видеть отдельные клетки и распознает только сравнительно медленные процессы (изменение кровенаполнения мозговых сосудов). Есть электроэнцефалография, она побыстрее, но индивидуальные нейроны тоже не различает и подобна попыткам записать что-то разборчивое, подвесив микрофон над футбольным полем в разгар матча. Наконец, можно применять флуоресцентные красители, меняющие цвет в ответ на изменение концентраций определенных ионов в клетке или на их суммарный заряд (то есть на мембранный потенциал нейрона). Такие красители действуют довольно медленно. Их временное разрешение (время отклика) недостаточно велико, чтобы обнаружить и «показать» отдельный потенциал действия в нейроне. Точнее,

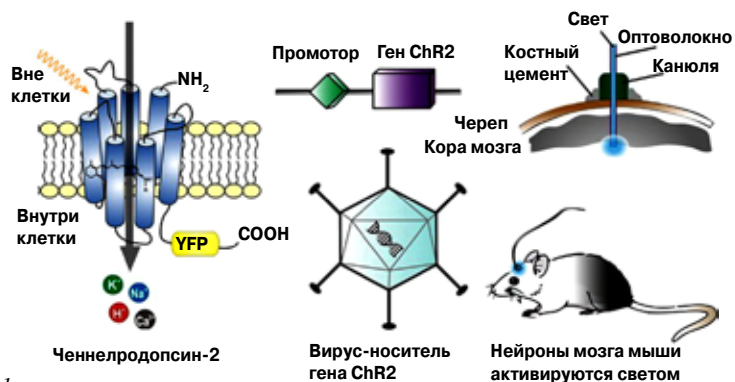


так считалось до недавней публикации, авторы которой все же смогли это сделать («Science», 2015, 350, 6266: 1361—1366, doi: 10.1126/science.aab0810).

Словом, регистрировать активность одной-единственной клетки, не затрагивая соседние нейроны, не так-то просто. Еще сложнее специально изменять эту активность. Можно вводить в мозг фармакологические препараты, действующие только на клетки с определенными свойствами, потом посмотреть на эти клетки под микроскопом или сделать срез части мозга животного и регистрировать его электрическую активность микроэлектродами. Но чтобы получить подобный препарат, зверька надо убить. Даже если отбросить жалость к животным и соображения гуманности, надо признать, что такие эксперименты крайне расточительны. Для того чтобы узнать, как поменялись сигналы небольшого числа клеток, нужно вырастить целый мозг, кормить его и ухаживать за ним, а после подготовки препарата его можно будет использовать час-полтора, редко дольше.

Другой вариант — стимулировать отдельные нейроны электрическими сигналами искусственного происхождения, приводя эти сигналы по соответствующему нерву, или поливать клетки нейромедиаторами в рамках модели искусственного синапса. Но для этого сначала нужно отыскать подходящие клетки, а это задача нетривиальная.

Наконец, существует метод искусственного высвобождения глутамата из синаптических везикул под действием ультрафиолета (этот метод еще называют glutamate uncaging). По сути, свет в данном случае имитирует действие возбуждающего сигнала, пришедшего на клетку, запуская выброс нейромедиатора в синапсе. Это весьма точное и действенное средство, но и у него есть недостаток. Действием ультрафиолета сейчас можно высвободить только глутамат, однако далеко не все нейроны выделяют именно его, а не какой-нибудь другой переносчик сигнала. Помимо всего прочего, искусственное высвобождение глутамата не так сильно активирует нейрон-мишень, как электрическая стимуляция по нерву, и заставить клетку выдавать потенциалы действия в данном случае проблематично.



1
Общая схема введения фотоактивируемого канала в нейроны

Из водоросли в нейрон

С 2005 года тонкое манипулирование нейронной активностью стало возможным, и в этом помогли фотоактивируемые вещества, способные улавливать кванты света и реагировать на них. Некоторые из них были известны давно, с начала 1970-х, но применять в нейробиологических исследованиях их научились только в середине 2000-х.

У одноклеточной водоросли *Chlamydomonas reinhardtii* есть белок ченнелродопсин-2 (ChR2). Из названия понятно, что это родственник родопсина палочек сетчатки. Как и глазной пигмент, ченнелродопсин реагирует на облучение светом, только немного по-другому: он усиливает приток положительных ионов в клетку водоросли. Это влияет на ее мембранный потенциал (потенциал покоя): он в течение тысячных долей секунды от заведомо отрицательного приближается к нулю; специалисты говорят: «Клетка деполяризуется». Потенциалов действия клетка хламидомонады при этом не генерирует, но это было бы теоретически возможно: электрические сигналы, подобные потенциалам действия, могут возникать и в растительных клетках («Plant, Cell and Environment», 2007, 30, 249—257, doi: 10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x).

Когда ген ченнелродопсина-2 выделили из хламидомонады и клонировали, его последовательность нуклеотидов стала известна нескольким исследовательским коллективам, среди которых была лаборатория Карла Дайссерота (Karl Deisseroth) в Стэнфордском университете. Это событие оказалось решающим для рождения оптогенетики. В то время как другие коллективы стали активно изучать многообразие ченнелродопсинов, руководитель этой лаборатории, нейрофизиолог и по совместительству психиатр (вероятно, практическое мышление Дайссерота-врача сыграло не последнюю роль в выборе объекта изучения), заметил в ChR2 кое-что достойное прикладного использования. Раз у нас есть белок, способный изменять мембранный потенциал клетки, и есть его ген, то почему бы этот ген не внедрить в электрически возбудимую клетку и не посмотреть, что из этого выйдет?

Сказано — сделано. Ген ченнелродопсина-2 прикрепили к промотору (последовательности ДНК, которая указывает РНК-полимеразе, что следующий за ней участок молекулы нужно считать и сделать по его образцу мРНК), вложили в вирус, а сам вирус тонкой иглой ввели в мозг мыши. Только надо еще проверить, куда именно попали вирусные частицы, не промахнулись ли мы с местом инъекции. Чтобы понять это, помимо гена светочувствительного белка нужно ввести в нейрон ген вещества-репортера — это вещество будет указывать на присутствие ченнелродопсина. Удобный репортер — флуоресцентный белок, ведь флуоресценция в клетках видна и на срезах мозга, и — при достаточной концентрации — даже снаружи тела. Ген ChR2 и ген репортера (например, желтого флуоресцентного белка YFP) находятся под одним промотором, поэтому экспрессируются они вместе, и оба белка образуются в клетке одновременно. Если ченнелродопсин в клетке есть — она флуоресцирует.

Почти все готово, осталось только построить в мозг источник света, который будет активировать клетки, несущие ченнелродопсин. Таким источником обычно служит миниатюрный



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

светодиод на оптоволокне, дающий свет с длиной волны около 480 нм (синий). Именно на такое излучение ChR2 реагирует наиболее продуктивно. Волокно вводят в желаемый участок головного мозга и закрепляют с помощью специальной канюли на поверхности черепа (рис. 1). Животное может носить такой прибор очень долго, и, чтобы записать активность его клеток, не нужно его убивать. А это хорошо и с точки зрения этики, и с точки зрения практики. Подопытное существо во время оптогенетического эксперимента может беспрепятственно передвигаться, и его поведение при этом будет заведомо ближе к натуральному, чем если те же самые нейроны изучать в составе срезов мозга или у животного, зафиксированного в стереотаксисе под наркозом.

Одного только источника света недостаточно, чтобы провести полноценный эксперимент. Мы не можем сказать, как «подопытные» нейроны отреагировали на фотостимуляцию, пока не подтвердим появление электрических сигналов в ответ на воздействие светом. Стало быть, параллельно с инструментом для активации нейрона нужно средство для записи его активности, так что в комплекте с источником света в мозг вживляют микроэлектроды. Собственно, используя эти микроэлектроды, Дайссерот и коллеги подтвердили на практике, что с помощью ченнелродопсина можно изменять мембранный потенциал клетки сильно и быстро, вплоть до генерации потенциалов действия, и описали результаты в статье («Nature Neuroscience», 2005, 8, 1263—1268, doi: 10.1038/nn1525). С этой работы началась эра оптогенетики.

Включатели, выключатели и другие

Ченнелродопсин — не единственный фотоактивируемый канал на службе у оптогенетики. Есть еще галородопсин (HR, рис. 2) — белок архей, который при активации желтым светом впускает в клетку отрицательно заряженные ионы хлора (а не положительные натрия и калия, как в случае ченнелродопсина). Это приводит к гиперполяризации клеточной мембраны: разность потенциалов на ней становится более отрицательной, чем в покое, и клетка, которая раньше легко выдавала потенциалы действия, при активации галородопсина «замолкает».

Гены галородопсина и ченнелродопсина можно ввести в одну и ту же клетку, а можно в разные. Два фотоактивируемых канала с различными свойствами лучше, чем один. Но и это еще не все (рис. 3). Существуют также бактериородопсин (BR)



Справедливости ради надо отметить, что коллектив Дайссерота не первым привнес ченнелродопсин в клетки животных. Настоящий пионер в этой области — Георг Нагель (Georg Nagel), о чем он сам напоминает в статье, посвященной десятилетию метода оптогенетики («Nature Neuroscience», 2015, 18, 1202—1212, doi:10.1038/nn.4106). Именно он показал принципиальную возможность применения ChR2 у амфибий и млекопитающих в работе 2003 года («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2003, 100, 13940—13945), где ген ченнелродопсина экспрессировался в яйцеклетках лягушки ксенопуса и в клетках культуры HEK293 (human embryonic kidney — почка зародыша человека). Белок ChR2 в этих объектах прекрасно активировался синим светом, микроэлектроды при этом регистрировали ток положительно заряженных частиц через мембрану. Кроме того, именно Нагель предоставил Дайссероту материал для трансфекции нейронов геном ченнелродопсина.

и протородопсин (PR). Как и ченнелродопсин, при активации они открывают путь для положительно заряженных ионов, но не для всяких, а только для ионов водорода — протонов. А эффект получается противоположный ченнелродопсину: протоны не входят в клетку, а уходят из нее, за счет чего мембрана гиперполяризуется и способность клетки к возбуждению теряется.

Есть еще экзотические опсины животных под общим названием Opto-XR. Это не ионные каналы, а гибриды родопсина колбочек сетчатки млекопитающих и некоторых рецепторов, сопряженных с G-белками (G-белки используют превращение нуклеотида ГДФ в ГТФ и запускают множество сигнальных процессов в клетках). В частности, ряд Opto-XR несет фрагменты адренорецепторов, а одна необычная разновидность состоит из части родопсина крысы и части рецептора к серотонину типа 1A. Конечно, не будучи каналами, Opto-XR не могут обеспечить потенциал действия, зато их активация имитирует активацию рецепторов, части которых они в себе несут. Иначе говоря, после «засветки» Rh-CT(5-HT1A) клетка будет функционировать так, как будто на ее синапсы пришел серотонин. Показано, что такие белки-гибриды располагаются на мембранах нейронов примерно там же, где и настоящие рецепторы к аналогичным нейромедиаторам. Поэтому с их помощью можно изучать различные системы передачи сигналов в мозге, не опасаясь получить далекие от действительности результаты.

Совсем недавно исследователи из Медицинской школы Техасского университета описали целое семейство новых родопсинов водорослей, которые проводят отрицательно заряженные ионы внутрь клетки. Они реагируют на фото-

стимуляцию быстрее, чем родопсины, уже применяемые в оптогенетике, и требуют меньше света для активации («Science», 2015, 349, 6248, 647—650, doi: 10.1126/science.aaa7484). Возможно, у них большое будущее.

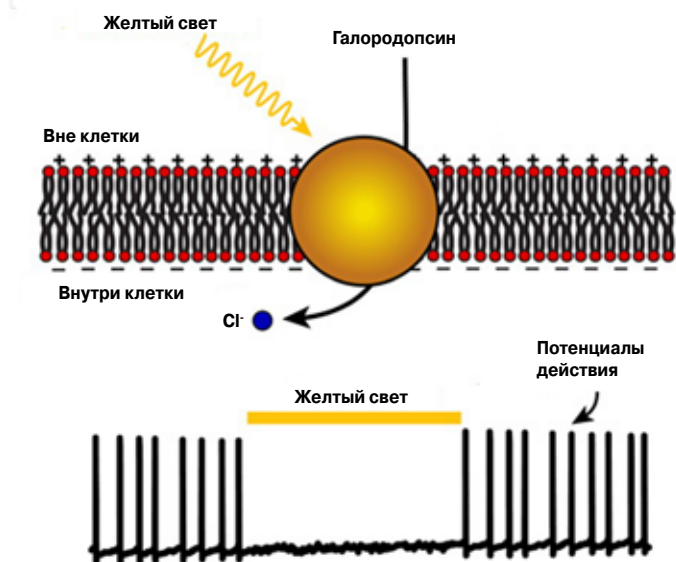
Оптогенетика и поведение

Но довольно нейрофизиологической теории, пора переходить к практике. Поведение зависит от последовательностей нейронных сигналов, появившихся в нужное время в нужном месте. Получается, что, зная время, место и последовательность этих сигналов, мы можем воссоздать нужную нам форму поведения и получить недостающую информацию о том, за счет каких структур это поведение проявляется.

Занятое исследование на эту тему недавно было опубликовано в «Nature» (2015, 519, 233—236, doi: 10.1038/nature14024). Хотя оптогенетические методики изначально тестировали на грызунах, ничто не запрещает делать то же самое на других модельных объектах — например, на дрозофилах. Конечно, для этого придется немного модифицировать технику, ведь нейрофизиология насекомых отличается от нейрофизиологии млекопитающих.

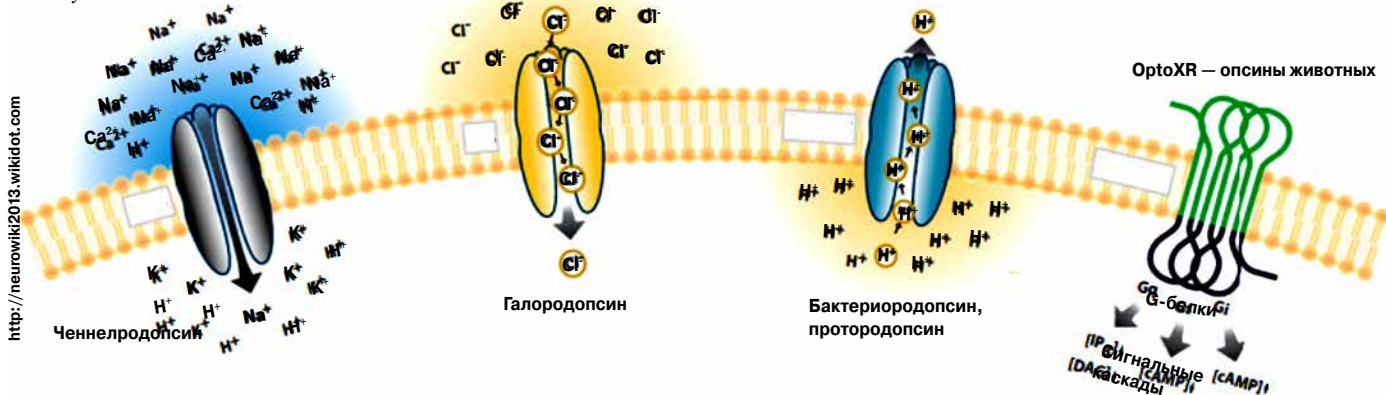
На дрозофил, как и на людей, действует долгое пребывание в тесных скоплениях себе подобных, проще говоря — в толпе. Другими словами, они тоже подвержены стадному чувству. Известно, что углекислый газ для дрозофил имеет запах, притом весьма неприятный. Одинокая муха, почуяв CO₂, неспешно улетает туда, где воздух свежее. Если это насекомое находилось в стайке, за ним быстро ретируются и другие. Даже если среди ста мух запах чувствует только половина, а у остальных обоняние заблокировано, вся сотня двинется подальше от источника вони. Такая синхронность, как ни странно, достигается вовсе не с помощью обоняния. Реакция избегания в данном случае носит коллективный характер: одни мухи передают другим сигналы о необходимости уйти подальше от источника углекислого газа. Призыв к бегству насекомые передают, трогая друг друга. При этом у мух, получающих сигнал, активируются механосенсорные нейроны на кончиках лапок. Чтобы доказать это, применили несколько методов, в числе которых была и оптогенетика. В частности, в одном из экспериментов мухам, находящимся в атмосфере с нормальным (не избыточным для них) содержанием CO₂, оптогенетически активировали механосенсорные нейроны кончиков лапок со встроенными в клетки ChR2, и насекомые демонстрировали реакцию избегания, как если бы рядом с ними сильно пахло углекислым газом.

Кроме всего прочего, с помощью фотоактивации можно внедрить в нейроны информацию, которую они не получали в реальности. Проще говоря, оптогенетика позволяет создавать ложные воспоминания. Это на примере мышей доказал коллектив Сусуму Тонегава из Массачусетского технологического университета в 2013 году («Science», 2013, 341, 6144, 387—391, doi: 10.1126/science.1239073). Исследователи внедрили ченнелродопсин-2 в нейроны двух регионов гиппокампа, отвечающих за перевод информации из кратковременной



2
Схема работы галородопсина. Пока этот канал активен, клетке труднее генерировать потенциалы действия

3
Разновидности фотоактивируемых каналов, используемых в оптогенетике



памяти в долговременную, — зубчатую извилину и поле CA1. Ченнелродопсином пометили только те клетки, которые в предварительных экспериментах с записью электрической активности возбуждались, если животное пугали звуком и ударом электрическим током в определенных «декорациях» (еще говорят — в определенном контексте). То есть изначально животное запоминало, что бояться звука в одной обстановке стоит, а в другой — не обязательно. После этого нейроны с ченнелродопсином специально активировали, когда животное находилось в других «декорациях» и, по идее, не должно было демонстрировать страх. Однако во время этой процедуры мыши, находившиеся в новой обстановке (где их никогда не били током), замирали на месте, прятались в угол или пищали.

Раз уж получилось внедрить в голову то, что животное никогда не запоминало, то вернуть утраченную информацию точно можно. Это и сделали сотрудники той же лаборатории двумя годами позже («Science», 2015, 348, 6238, 1007–1013, doi: 10.1126/science.aaa5542). Сначала они научили грызунов определенному навыку, затем ввели им в мозг ингибиторы синтеза белка, которые мешают вспомнить недавно изученное (это доказали во множестве более ранних работ). Тем не менее, забытое воспоминание можно было вернуть, если оптогенетически активировать определенные клетки гиппокампа. Какие именно нейроны нужно задействовать, выясняли примерно так же, как и в предыдущей работе.

Оптогенетика и сон

Оптогенетика помогла и в изучении сна. Было известно, что в боковых областях гипоталамуса есть нейроны, выделяющие вещество орексин, он же гипокретин. Стабильное бодрствование невозможно при пониженном содержании гипокретина в гипоталамусе. Если клетки, выделяющие его, недостаточно активны, у животного (и у человека тоже) развивается нарколепсия — во время бодрствования случаются внезапные приступы сна. Больной либо совсем засыпает, либо у него проявляются некие отдельные признаки сна, например резкое падение тонуса мышц или выпадение из сознания. Приступы нарколепсии невозможно контролировать, и они могут случиться в самый неподходящий момент — скажем, когда человек за рулем.

Но это могло быть и совпадением, и без дополнительных экспериментов нельзя было утверждать, что именно орексиновые нейроны поддерживают бодрствование. Нужно было проверить, что происходит со сном во время их активации. Сотрудники лаборатории Карла Дайссерота встроили в гипокретиновые нейроны гипоталамуса мышей ченнелродопсин-2, после чего периодически стимулировали мозг грызунов светом, пока те спали («Nature», 2007, 450, 420—424, doi: 10.1038/nature06310). Мыши от такого воздействия пробуждались как на стадии медленноволнового сна, так и на стадии быстрого сна. При этом орексиновые нейроны активировались с разной силой в зависимости от того, как часто на них светили. Все это в совокупности дает право утверждать, что выделение орексина (гипокретина) в достаточном количестве действительно обеспечивает поддержание бодрствования.

Оптогенетика и сердце

Метод оптогенетики необязательно применять только к нейронам, он подходит для всех клеток, способных возбуждаться под действием электрических сигналов. Кроме нейронов, у животных это клетки мышц, в том числе — сердечной мышцы. Кардиомиоциты должны возбуждаться синхронно, это обеспечивает их одновременное сокращение. Эксперименты с оптогенетической активацией клеток сердца крысят, людей и собак показали, что волны возбуждения и сокращения, вызванные стимуляцией синим светом, не отличаются по своим параметрам от «настоящих», электрических волн («Circulation.



Arrhythmia and electrophysiology», 2011, 4, 5, 753—760, doi: 10.1161/CIRCEP.111.964247, «Heart Rhythm», 2012, 9, 11, 1910). Эти работы проводили не на живых объектах, тем не менее результаты показывают, что активность больного сердца теоретически можно будет подправить с помощью оптогенетики.

Оптогенетика и психиатрия

Вероятно, не будет преувеличением сказать, что применение метода оптогенетики в психиатрии — одна из главных конечных целей Дайссерота, учитывая его вторую профессию. Было бы замечательно сначала узнать, как нейроны головного мозга связаны друг с другом, а затем стимулировать (или при необходимости подавлять) передачу сигналов между нужными группами клеток. Задача крайне трудоемкая, но теоретически выполнимая. Разработчики метода оптогенетики сделали в этой области несколько открытий. Некоторые из них касаются клеток, выделяющих дофамин. Этот нейромедиатор, помимо всего прочего, играет огромную роль в поддержании хорошего настроения и дает ощущение вознаграждения за сделанное (говорят, что нейроны, выделяющие дофамин, входят в систему вознаграждения). Наркотики, такие, как кокаин, имитируют действие дофамина на нейроны, вызывая ощущение удовлетворенности. Организм запоминает это ощущение и привыкает к наркотику, образуется психологическая и физиологическая зависимость.

В состав системы вознаграждения мозга входит прилежащее ядро. Если его клетки, выделяющие дофамин, снабдить галеродопсином, а потом стимулировать их светом, прилежащее ядро «выключается», а вместе с этим временно пропадает заранее развитая тяга подопытных крыс к кокаину («Nature», 2014, 505, 309—317, doi: 10.1038/nature12982). Можно было бы проделать похожие манипуляции и на людях-наркоманах, но для этого придется изменять геном их нейронов, что пока не разрешается делать.

Достаточное количество дофамина защищает от некоторых форм депрессии, а также от болезни Паркинсона. И если вклад оптогенетики в исследование паркинсонизма пока не очень велик, то депрессивное поведение грызунов небезуспешно пытались устранить с помощью фотоактивируемых каналов («Nature», 2013, 493, 7433, 537—541, doi: 10.1038/nature11740).

Итак, в теории оптогенетика может пролить свет на любые патологические состояния, связанные с возбудимыми клетками. Это не только наркомания и нарколепсия, депрессия и болезнь Паркинсона, но и шизофрения, инфаркты, тревожность, стрессовые расстройства и многое другое. Пока что возможность лечения этих состояний с помощью фотоактивируемых каналов — вопрос технологии и морали. Однако возможно, что лет через 20—30 потенциал оптогенетики будет ограничен только этическими устоями ученых и чиновников, контролирующих научные исследования.





Результаты исследования группы из канадского Университета Макгилла под руководством Джеффри Бергторсона («Applied Energy», 2015, 160, 368—382, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.09.037) позволяют предположить, что порошки металлов, полученные с применением чистых источников энергии, станут более вероятной заменой нефти и газу, чем водород, биотопливо или аккумуляторы.

Технологии, позволяющие получить «чистое электричество», — солнечные и ветряные электростанции, — развиваются очень активно, и мы уже можем прикидывать, как использовать их для решения тех задач, которые сейчас решают за счет сжигания углеводородов. В настоящий момент солнечную и ветряную энергии планируют применять для получения биотоплива или водорода, а они, в свою очередь, могут служить топливом для двигателей внутреннего сгорания либо для производства электричества, способного приводить в действие двигатели автомобилей.

Как отмечает Джеффри Бергторсон, все виды топлива, которые рассматривают как альтернативу нефти и газу, имеют какие-то минусы. Биотопливо может стать лишь частичным решением проблемы, для водородного нужны громоздкие и тяжелые топливные баки, к тому же способность водорода образовывать гремучие смеси общеизвестна. Аккумуляторы электроэнергии также не слишком компактны, и они не в состоянии запасти достаточно энергии для некоторых технологий.

Идея сжигания порошкообразных металлов не нова — например, их уже давно включают в пиротехнические составы. С середины XX века порошки металлов нашли применение в твердотопливных ускорителях ракет и космических кораблей. Понятно, что горящий порошок металла нельзя использовать в привычных нам двигателях внутреннего сгорания, но кроме них есть и двигатели внешнего сгорания — работающие по принципу топки паровозов, те, в которых подогревается вода в котле.

В последнее столетие было получено большое количество данных о химии горения нефти и альтернативных видов топлива, однако исследований, посвященных химии горения металла и свойствам пламени горящего металла, практически нет.

Идея Бергторсона — использовать металлический порошок в двигателях внешнего сгорания. Порошок металла, сгорев, превратится в твердые малотоксичные



оксиды, которые куда проще собрать для повторного использования, чем углекислый газ, образующийся при горении нефтепродуктов или природного газа. Регенерировать это топливо будущего, восстановив оксид до металла, можно с помощью чистой электрической энергии, которую выработают солнечные батареи, турбины ветряных электростанций или приливы с отливами.

Исследователи показали, что с помощью специально сконструированной горелки пламя можно стабилизировать в потоке крошечных частиц металла, суспендированного в воздухе. Как написано в статье, пламя металлических порошков «кажется очень похожим» на пламя горящего углеводорода. Исследование по-

Стабилизированное пламя метана (слева) и порошков разных металлов, горящих на воздухе

казывает, что применение металлов для двигателей внешнего сгорания вполне возможно, поэтому банальное железо может стать топливом будущего для таких силовых установок. Ежегодно металлургия производит миллионы тонн порошков железа, да и способ регенерации этого металла из оксидов известен человечеству примерно четыре тысячи лет.

Дело за малым — подкрепить сухие теоретические выкладки экспериментальным доказательством. Бергторсон уже собирается проверить свою идею, сконструировав агрегат, в котором горелка, сжигающая железо, была бы объединена с тепловым двигателем.

Топливо из рыбьих потрохов



Разглядывая аппетитное филе красной рыбы, лежащее на тарелке, мы редко задумываемся о том, что, прежде чем попасть к нам на стол в виде стейка, рыба распорчалась с большим количеством несъедобных частей. По самым приблизительным оценкам, в результате переработки рыбы, креветок и прочих морепродуктов в пищевой промышленности ежегодно образуется 64 миллиона тонн отходов. Возможно, все эти отходы — потроха и головы — можно будет превратить в дождю, а точнее, в похожее на уголь вещество, которое называется «гидроогаок» («Energy Fuels», 2015, doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b01671). Он хорош как топливо, а кроме того, это неплохая ме-

лиорирующая добавка в почву, исходный материал для получения активированного угля и углеродных наноструктурированных материалов и даже катализатор некоторых химических процессов.

Несколько лет назад аспирантка Университета Макгилла Шрикалаа Каннан узнала, что в канадском городе Гаспе, известном своими заводами по переработке рыбы, муниципалитет запретил местным пищевым производствам выбрасывать отходы рыбопереработки на городские свалки — запах был просто невыносимый. Но жидкие отходы переработки морепродуктов зачастую просто сливают в канализацию или водоемы, где они могут стимулировать нежелательный рост водорослей. У Каннан, темой иссле-

дования которой были способы превращения отходов в биотопливо, появилась идея, как сохранить окружающую среду не только в Гаспе, но и в других городах со сходными проблемами.

Каннан еще раньше отработала получение гидроогарка из древесных опилок и несъедобных фрагментов растений с помощью гидротермической карбонизации. Отходы нагревают с водой при повышенном давлении и температуре 150—300°C, и в результате образуется богатое углеродом твердое вещество. Но все типы отходов, на которых была отработана гидротермическая карбонизация, содержали целлюлозу — она очень легко расщепляется в самых различных условиях, это облегчает последующую карбонизацию и получение богатого углеродом материала. Каннан решила приспособить методику для переработки

более сложных по химическому составу отходов морепродуктов, содержащих углеводы, белки и жиры.

Первые попытки Каннан и ее коллег получить гидроогарок из рыбных потрохов и голов креветок с помощью нагревания (150°C) при повышенном давлении закончились неудачей. Методом проб и ошибок исследователям удалось выяснить, что нагревание отходов в течение 16 часов в присутствии коммерчески доступных ферментов все же позволяет получить углеродсодержащий материал.

Помогли ферменты — липаза и протеаза способствовали гидролизу сложных макромолекул в составе пищевых отходов, превращая их в более простые вещества, которые потом и карбонизировались. Исследователям удалось получить огарок из отходов рыбы и креветок, превратив в полезный материал 29 и 36%

сухой массы того и другого типа мусора соответственно (это нормальный выход при регенерации такого рода отходов). Забавно, что вместо отвратительных рыбных отходов получился огарок, пахнущий кофе. Каннан полагает, что это может быть признаком протекания реакции Майяра, той самой, что создает аппетитную румяную корочку на жареной картошке или мясе, — взаимодействия аминокислот и углеводов при повышенной температуре.

Прежде чем применять новую технологию для решения проблем с отходами переработки морепродуктов, исследователи как минимум планируют определить содержание углерода в полученном гидроогарке и установить его теплотворную способность. А еще они хотят оптимизировать процесс переработки, увеличить конверсию отходов в гидроогарок.

Рисовать электросхемы станет легче

ХЕМОСКОП



Любой профессиональный проектировщик электрических схем, как, впрочем, и любитель электротехники, хотел бы иметь возможность нарисовать электрическую схему на бумаге, стене или ткани обычной шариковой ручкой. Благодаря результатам работы канадских ученых под руководством Юнь Яна («ACS Nano», 2015, doi: 10.1021/acsnano.5b05082) эти мечты вскоре могут сбыться.

Разработанные ими чернила, в состав которых входят соль серебра и адгезив, прилипают к поверхностям различной фактуры и сохраняют электропроводность даже после неоднократной деформации поверхности. В случае разрыва цепи восстановить ее можно, просто дорисовав поврежденные линии. Руководитель исследования считает, что это будет очень простой и востребованный способ получения рукотворных электрических схем.

Вообще, электропроводные чернила, содержащие серебро, уже давно коммерчески доступны, их применяют для печати электрических схем. Однако эти чернила нельзя использовать в шариковых ручках, поскольку наночастицы серебра в их составе могут слипаться и закупоривать стержень. Опытную партию чернил с наночастицами серебра, подходящих для шариковых ручек, все же сделали, но эти чернила могут писать не на всех типах поверхности, да и растягивать такие электрические схемы нельзя.

Канадские химики изготовили новые чернила, не содержащие наночастицы серебра: они растворили трифторацетат



С помощью обычной шариковой ручки, заполненной новыми чернилами, на резиновой подложке нарисовали электрическую схему в форме сердца, к которой подключили 14 светящихся диодов. Они продолжают светиться при растяжении и сгибании подложки

серебра и блок-сополимер стирола и изопрена в бутаноне, добавив дополнительные компоненты, повышающие текучесть. Потом они заполнили пишущий стержень обычной шариковой ручки новыми чернилами и нанесли рисунки на бумагу, пластмассу и резину. После высыхания чернил рисунок обработали щелочным раствором формальдегида, соль серебра восстановилась, и образовались наночастицы металлического серебра, которые обеспечили электропроводность нарисованной линии. Правда, нанесенные шариковой ручкой линии электрической схемы следует обвести два-три раза — только так удается добиться хорошей электропроводности.

Кроме того, оказалось, что электропроводность рисунка тем выше, чем ровнее поверхность, на которую он наносится.

Руководитель исследования Ян полагает, что с помощью разработанной им методики можно будет получать чернила и с другими металлами, например с медью. Исследователи уже учредили фирму «Nectro» для производства и продажи шариковых ручек с новыми чернилами и с «ластиком» на другом конце — предусмотрена возможность исправлять ошибки в нарисованных схемах.

Выпуск подготовил кандидат химических наук
А. И. Курамшин

Медь: факты и фактики

А. Мотыляев

Правда ли, что медь — первый металл технологической цивилизации?

Деление истории цивилизации на периоды по основному материалу для изготовления инструментов, оружия и украшений предложил в начале XIX века датский собиратель древностей Христиан-Юргенсен Томсен — директор Копенгагенского нумизматического комитета, директор Художественного музея, основатель Музея северных древностей и Этнографического музея. Согласно Томсену, сначала был каменный век, за ним бронзовый, а потом наступил нынешний, железный. Некоторые утверждают, что идея трех подобных периодов взята из античной литературы; встречается она, например, в поэме Тита Лукреция Кара «О природе вещей». Археологи установили, что бронзовому веку предшествовал медный, а железо в некоторых местностях начали использовать одновременно с бронзой. Но по-прежнему неясно, как была создана технология плавки меди.

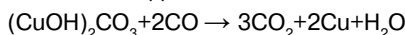
Современные реконструкторы истории технологии рассуждают так. В природе медь часто встречается в виде самородков: она если и окисляется, то во влажном воздухе, а с водой не реагирует. Поэтому металлическая медь вполне могла оказаться в руках древних людей. Предполагается, что до возникновения кузнечного горна придавать форму самородкам меди можно было только ковкой в холодную. Чистая медь — мягкий металл, ее можно ковать каменным молотком. Однако сковать сколько-нибудь сложное изделие из нескольких кусков никому из реконструкторов не удалось. Максимум достигнутого — булава или наконечник для стрелы из плоских самородков, растущих в виде дендритов (это основная форма медных самородков).

Для литья нужен большой жар — температура плавления меди 1083°C, а простой костер дает лишь 700—800°C. Повысить жар можно, продувая через угли кислород хотя бы в виде воздуха. Для этого необходимо сложное устройство — горн с мехами либо печь с хорошей вентиляцией. На территории нынешней Австрии, например, такие

печи строили на подветренном склоне горы, чтобы ветер раздувал жар, в Аркаиме (о котором ниже) — рядом с колодезем: предполагается, что перепад высот обеспечивал тягу. Выплавить медь случайно, бросив в походный костер руду, невозможно. И чтобы заняться изобретением горна, нужно было еще догадаться, что высокий жар позволит получить качественно новый результат: камень станет металлом. Тот безвестный мастер, который решил повысить температуру пламени и придумал, как это сделать, и стал основателем нашей технологической цивилизации. Древние греки, впрочем, считали, что это был не человек, а титан Прометей, давший людям огонь и средства обращения с ним — технологии.

Как получали и получают медь?

На Земле есть три группы веществ, из которых можно получить медь, не считая самородков. Это карбонаты, оксиды и сульфиды. Самый известный карбонатный минерал меди — малахит, дигидрокарбонат меди. Он неизбежно образуется из меди во влажном воздухе, то есть при наличии воды, кислорода и углекислого газа. Именно из гидрокарбоната меди состоит зеленая патина, которая со временем покрывает бронзовые скульптуры и медные крыши. Возможно, карбонаты — зеленый малахит, синий азурит и голубая бирюза — стали первыми минералами, из которых человек выплавил медь. Для этого нужно было разложить гидрокарбонат и восстановить медь из получившегося оксида. Общая реакция имеет такой вид:



29	Cu
1	63,546±3
18	3d ¹⁰ 4s ¹
8	МЕДЬ
2	

Восстановление оксидов металлургии издавна проводят с помощью вещества, которое всегда под рукой, — угля, прежде всего древесного. Сжигая его при недостатке кислорода, можно получить угарный газ, который и отберет кислород у оксида. Считается, что карбонатную руду смешивали с размолотым углем, помещали смесь в глиняный горшок и сильно его нагревали.

Основной источник меди для современной металлургии — смешанный сульфид меди и железа. Исходное содержание меди в руде невелико, менее 10%. Поэтому сначала руду дробят, обогащают — удаляют пустую породу — и получают концентрат, в котором содержится до трети меди; почти половина его — сера, а остальное — железо и в небольшом количестве прочие примеси. Далее вплоть до XVIII века применяли окислительный обжиг, полностью превращающий сульфиды в оксиды. Их сплавляли с флюсом, прежде всего кремнеземом, и так удаляли оксид железа — он переходил в шлак в виде силиката, после чего восстанавливали медь, нагревая ее оксид с размолотым углем. Медь получалась грязной, содержала до пятой части железа и в немалом количестве оказывалась в шлаке. В XIX веке процесс усовершенствовали, и теперь окислительный обжиг применяют редко — только если руда бедная и нужно удалить из нее побольше серы. Концентрат руды смешивают с пережженным углем — коксом, карбонатом кальция (в древности вместо него добавляли перемолотые кости), кварцевым песком, а затем плавят в печи, подавая снизу кислород. Реакция с углем дает необходимое тепло, в печи же сера окисляется и улетает в виде газа, а часть железа становится силикатом и переходит в шлак. Под шлаком собирается так называемый штейн — расплав сульфидов меди и железа. Печь для выплавки штейна работает непрерывно.

На третьем этапе можно окончательно избавиться и от железа и от серы. Этот способ предложил в 1866 году инженер В.С.Семенов, взяв за основу бессемеровский конвертер для выплавки стали. Конвертер — это нечто вроде

огромной бочки, в которую заливает расплав исходных веществ, а через него с помощью специальной трубы — фурмы продувают воздух или чистый кислород. В конвертер заливают штейн, загружают флюсы. Кислород окисляет прежде всего железо, которое переходит в шлак в виде силиката. Этот шлак время от времени сливают, а новый штейн доливают. После того как все железо выжжено, а на это требуется от нескольких часов до суток, начинается окисление меди. Образуется оксид, который сразу же вступает в реакцию с остающимся сульфидом, — жидкость в конвертере расслаивается: вниз уходит черновая медь с чистотой 96—99%, над ней располагается белый штейн с содержанием меди около 76%, выше — шлак, а в атмосферу улетает серный ангидрид.

Далее черновую медь рафинируют — очищают от следов других элементов, удаляют растворенные газы. Для этого есть много способов. Один из них предусматривает опять-таки продувку воздуха для окончательного окисления и перевода в шлак всего, что может окислиться, и последующее восстановление окислившейся меди с помощью дразнилки. Раньше медь дразнили, помещая в ванну с расплавленным металлом свежую древесину, теперь сквозь нее продувают паромазутную смесь или природный газ. Водяной пар и испаряющиеся углеводороды перемешивают и разбрызгивают металл, способствуя удалению растворенных в нем газов, оксид меди при этом реагирует с углеродом, угарным газом и образующимся при распаде органики водородом. Чистота металла возрастает до 99,6%, после чего можно применить электролитическую очистку. Она и дает чистую медь.

Где используют медь? У этого металла множество применений, основанных на его уникальных свойствах. Например, медь отлично проводит электричество, поэтому большая ее часть в чистом виде идет на изготовление проводов, а в виде сплавов — на изготовление электрических контактов. Медь одновременно в меру прочна, пластична и мало подвержена коррозии. Неудивительно, что из нее делают всевозможные трубы: для систем отопления, водоснабжения, подачи газа, воздуха, топлива, масла в гидравлических системах, фреона в холодильниках. Говорят, что высокая пластичность не позволяет медным трубам системы отопления или водопровода лопнуть при замерзании воды. У меди высокая теплопроводность, в десять раз больше, чем у стали, поэтому из нее получают хорошие радиаторы охлаждения или посуда. Медная кастрюля или сковорода, как и латунный тах для варенья, быстро и равномерно

нагреваются, обеспечивая одинаковый нагрев пищи со всех сторон.

Что делает медь в организме человека? Это жизненно необходимый элемент, который входит в состав ферментов, регулирующих энергетический обмен, работу антиоксидантной системы, синтез коллагена и эластина, то есть материала мышц и костей, использование железа, пигментацию волос. Кроме того, есть подозрения, что медь сама по себе регулирует активность некоторых генов и влияет на формирование белков, например нарушает строение амилоидных бляшек, разрушающих мозг при болезни Альцгеймера, или, наоборот, нарушает строение прионного белка, способствуя его переходу в опасную форму.

Соответственно дефицит или избыток меди могут приводить к неприятностям. Избыток, как правило, возникает при нарушении правил охраны труда. Недостаток в клинической практике встречается крайне редко, прежде всего у недоношенных детей или у пациентов, которых кормят искусственной смесью. К числу явных проявлений дефицита меди относят анемию, нарушения развития костей, недостаток белых кровяных телец — нейтрофилов. Менее яркие проявления — нарушения обмена холестерина и глюкозы, сердечно-сосудистые нарушения, низкое давление, нарушения роста, недостаточная пигментация волос, слабая сопротивляемость инфекциям. К нарушениям обмена меди приводят и мутации. Так, известна мутация в X-хромосоме, препятствующая усвоению меди, она замедляет рост, развитие мозга и приводит к ранней смерти. Другая мутация, в 13-й хромосоме, наоборот, усиливает усвоение меди, которая накапливается в печени, разрушая ее.

Как ни удивительно, обоснованных норм потребления меди с пищей до сих пор нет. Авторы обзоров и 1985 года, и 2011 года пишут, что хорошо бы такие нормы установить («The Journal of the American College of Nutrition», 1985; 4, 1, 83—105, «Journal of Trace Elements in Medicine and Biology», 2011, 25, 1, 3—13; doi: 10.1016/j.jtemb.2010.11.004). Однако авторы обоих обзоров сходятся во мнении, что современная диета западного человека приводит к дефициту меди, который не фиксируется клинически. За день организм теряет около 1,3 мг меди, с пищей житель стран Евросоюза получает по 0,8—1,8 мг, из них усваивается от 12 до 65%. В медицинской литературе тема устранения дефицита меди активно не обсуждается, а энтузиасты придумывают разные способы, от хранения питьевой воды в медных кувшинах до поедания коллоидной меди или прикладывания медных пластинок



определенным точкам на теле. К подобным экспериментам надо относиться осторожно, поскольку медь, как все тяжелые металлы, может быть ядовита.

Чем хороша и чем опасна медная посуда? Помимо высокой теплоемкости, медь обладает бактерицидными свойствами. Медный купорос издавна применяют для борьбы с грибковыми заболеваниями растений. В прессе встречались сообщения, что медная проволока, продетая сквозь стебель помидора, защищает его от бича огородников — грибка фитофторы (вопрос лишь в том, сколько меди окажется в плодах). Медь входит в состав *краски*, которая защищает днища судов от обрастателей. Медь убивает и бактерии, и вирусы; еще в древности люди держали воду в медных сосудах, чтобы предохранить ее от порчи. Этим ее свойством пользуются и сейчас. Так, корейские исследователи установили, что если на дно бассейна с рыбами положить кусок бронзы, то через 40 часов 99,99% содержащихся в воде холерных вибрионов погибнет. Это очень актуальное открытие: в Корее и Японии принято есть сырую свежую рыбу, люди при этом часто заражаются инфекционными заболеваниями, причем в 12% случаев — именно холерой (агентство «AlphaGalileo», 9 сентября 2008 года). Эта работа показала, как полезен давний корейский обычай запускать свежую рыбу плавать в банца — специальные



сосуды из оловянистой бронзы. В другом исследовании кишечная палочка прожила в холодильнике на стальной поверхности более 35 дней, на бронзовой — 12 дней, на медной — 14 часов. При комнатной температуре эффект был

сильнее: 34 дня, 4 дня и 4 часа (агентство «AlphaGalileo», 20 августа 2001 года). Из этого британского исследования следует, что столы для приготовления пищи, особенно в местах общественного питания и больницах, надо делать не из нержавеющей стали, а из меди. Коронавирус, вызывающий тяжелую простуду, живет на медной поверхности считанные минуты (агентство «AlphaGalileo», 10 ноября 2015 года). Медные ручки дверей, окон, сиденья унитазов в больницах снизили количество микробов на этих поверхностях на 70—100% (агентство «AlphaGalileo», 1 декабря 2009 года).

В общем, от медной утвари много пользы. Однако возможен и вред. Как уже было сказано, в присутствии кислорода, воды и углекислого газа медь становится гидроксокарбонатом. А он легко растворяется даже в слабом растворе кислоты. Поэтому приготовление кислой пищи в медной посуде повышает в ней содержание меди. То же происходит и при хранении. Опыты по тушению кислой капусты в медной кастрюле показали, что через два часа в продукте были лишь следы меди, через сутки — 29 мг/кг, а через двое — 59 мг/кг. Кстати, отравление, вызывающее рвоту, наступает при съедании 77—120 мг меди зараз.

Отсюда простые рекомендации: не оставляйте готовую еду в медной посуде, перед приготовлением тщательно очищайте посуду от следов патины или используйте луженую посуду, на которую изнутри нанесен слой олова. Пока полуда не истерлась, никакой угрозы нет, правда, нет и антибактериальных свойств. Посуду с поврежденной полудой надо чинить, ведь неизвестно, из чего она сделана — из чистой меди или из медного сплава, где могут быть и вредные добавки.

В семье автора этих строк рассказывают такую историю. Дед купил на рынке большой медный чайник. Воду из него до конца не сливали, а при необходимости добавляли и кипятили снова. Через некоторое время заметили, что чай из этой воды сладок и без сахара. Расследование показало, что полуда на чайнике почти исчезла. Судя по всему, чайник был сделан из латуни или бронзы с добавками свинца, или же полуда содержала свинец, а кто-то решил помыть чайник от накипи уксусом. Мог получиться сладкий ацетат свинца — алхимики называли его сахаром Сатурна. Впрочем, в современной посуде вряд ли присутствует свинец.

Что можно сделать с наночастицами меди? Много. Прежде всего их можно добавить в краску, и она приобретет антибактериальные свойства. Существует такая краска для пола, прочная и гладкая. Выращивая углеродные нановолокна на графитовом субстрате с наночастица-

ми меди, можно создать волокнистый материал с высокими антибактериальными свойствами — для лечения ран. Поместив наночастицы меди и цинка в оболочку из хитозанового геля и добавив полученное вещество в корм животным, можно бороться с болезнетворными бактериями без антибиотиков, то есть не провоцируя появление устойчивых бактерий. Используя мощный лазер, можно получать крупные капли меди для трехмерной печати медных узоров. Дело в том, что мелкие капли, созданные слабым лазером, быстро застывают, а крупные падают на основу в полужидком состоянии и формируют не шарики, а блины — получается более монолитная структура. Чернилами с наночастицами меди можно нарисовать электрическую схему на кремниевом субстрате, а потом лазером сплавить эти частицы в проводящий электричество монолит.

Как вырастить монокристаллы меди?

Поместить стальной гвоздь в раствор медного купороса. Через неделю на нем вырастут красные медные кристаллы, а раствор станет из голубого зеленым. Это будет уже железный купорос, отличное средство для лечения хлороза — недостатка железа в растениях.

Как повысить прочность меди? Традиционный способ — добавить в нее легирующие элементы и получить бронзу или латунь. Но можно пойти другим путем — создать более мелкую структуру. Например, в 2009 году исследователи из КНР и Голландии, сделав с помощью электронапыления медную фольгу с нанометровым масштабом структуры (обычно он измеряется десятками микронов), увеличили прочность в четыре раза. Что интересно, при этом не уменьшилась пластичность («Science», 2009, 323, 5914, 607—610; doi: 10.1126/science.1167641).

Как связаны медь и графен? Не все знают, что графен получают осаждением углерода на медную подложку.

Используют ли медь как катализатор химических реакций?

Да, и весьма активно. Только в 2014 году было опубликовано 500 статей на эту тему. Как указывают авторы обзора «Медный катализ в органическом синтезе» («Beilstein Journal of Organic Chemistry», 2015, 11, 2252—2253, doi:10.3762/bjoc.11.244): «Рост числа медных катализаторов связан с несколькими факторами. Во-первых, химия меди очень многогранна. В зависимости от степени окисления этот металл ускоряет реакции, включающие и полярный, и радикальный механизмы, или даже оба. Медь легко взаимодействует с гетероатомами и π-связями, активирует конечные алкены. Во-вторых, медь — распространенный металл, катализаторы из нее обходятся

дешевле, чем из переходных и благородных металлов».

Какие побочные продукты образуются при производстве меди? Поскольку сырьем служат соединения серы, при выплавке меди выделяются значительные объемы серного ангидрида. Выбрасывать его в атмосферу вредно для окружающей среды, к тому же он может стать сырьем для производства чистой серы или серной кислоты. Поэтому рядом с медным производством часто располагается сернокислотное. Кроме того, в сульфидной медной руде содержится немало сопутствующих элементов, прежде всего это тяжелые металлы и мышьяк. Часть из них окисляется в шлаке, часть — в отходящих газах, при охлаждении которых выпадает в виде пыли. Если не очистить газы от этой пыли, опять-таки будет нанесен серьезный вред живым существам в окрестностях предприятия. А если пыль отделить, собрать и переработать, то можно извлечь ценнейшие элементы. Так, редчайший рений добывают именно из пыли медного производства.

Шлам, остающийся после электролитической очистки меди, содержит неокисляющиеся примеси вроде золота, серебра, платины, свинца или теллура. Всего медная промышленность дает более двух десятков ценных элементов. Кроме уже перечисленных, это висмут, кадмий, мышьяк, селен, галлий, германий, цинк, кобальт, никель — в чистом виде либо в виде пригодных для переработки концентратов и соединений.

Когда и где началось производство меди?

Самые древние медные изделия — бусины, четырехгранное шило и проволочные острые булавки — нашли на Анатолийском нагорье при раскопках холма Чайоню-Тепези в верховьях Тигра, в 40 км к северо-западу от нынешнего города Диарбекира, неофициального центра турецкого Курдистана. Начатые во второй половине XX века раскопки дошли уже до культурного слоя X тысячелетия до н. э. А металл нашли в слоях ХСII и ХХCVII веков до н. э. Из-за плохой сохранности невозможно определить, медь это была или бронза, и если медь, то выкованы ли они из самородков или выплавлены. Ясно одно: уже тогда существовала развитая металлургическая промышленность, способная изготавливать не только украшения, но и инструменты. За четыре тысячи лет до появления первой общепризнанной цивилизации — шумерской.

В пользу гипотезы, что это выплавленная, а не самородная медь, свидетельствует то обстоятельство, что в 15 км от холма расположено крупное медное месторождение Эргани Маден, где встречаются и малахит, и азурит, а



Древний город Чатал-Хююк раскинулся на склоне близ потухшего вулкана

также скопления медных шлаков разного возраста. На том же нагорье, только существенно западнее — на полпути от курортной Анталии к городу Конья, ныне знаменитому танцами вертящихся деревяшей и производством керамических тарелок, — в середине XX века при раскопках холма Чатал-Хююк обнаружили поселение VIII—VI тысячелетий до н. э. Точнее, город — в нем жило до 10 тысяч человек, а плоские крыши домов, стоящих вплотную друг к другу, как соты, служили улицами. Раскопано всего несколько процентов этой территории. И там были найдены следы плавки меди — окалина и шлак. Неподалеку было крупное месторождение обсидиана, и горожане занимались производством каменной утвари — топоров, ножей, которыми обменивались с жителями побережья: в городе найдены раковины моллюсков Средиземного и Красного морей, а также злаки и кости домашних животных. Неудивительно, если знатокам горного дела посчастливилось найти способ получения меди. Интересно, что в этом неолитическом поселении было бесклассовое общество: ни в одном из полутора десятках культурных слоев, накопленных за полторы тысячи лет существования города, не найдено следов социального расслоения, а фрески на стенах домов не содержат сцен насилия.

Считается, что такая идиллия закончилась в III тысячелетии до н. э., когда медь и ее сплавы стали широко использовать для производства оружия. В городище Арслантепе в верховьях Евфрата (не так уж далеко от Чайюню-Тепези) найдены древнейшие мечи из мышьяковистой бронзы; они сделаны в XXXIII—XXXI веках до нашей эры. Примерно в это время город и был разрушен.

К началу IV тысячелетия формируются две крупные металлургические провинции. Одна охватывает Анатолию и северо-запад Ирана, другая же, Балкано-Карпатская, расположена к северу от Черного моря. На территории последней находят прежде всего бронзовые инстру-

менты — топоры-мотыги, тёсла-долота, втульчатые наконечники. То есть никакого оружия; нет в соответствующих слоях и следов войн. Эта культура угасает как будто сама собой к III тысячелетию до нашей эры, после чего получается лакуна в 700 лет, когда люди в этой местности словно и не жили. Затем появляются следы гораздо более примитивной цивилизации, которая формирует Циркумпонтийскую металлургическую провинцию, охватывающую Балканы, Карпаты, Донбасс, Кавказ, Южный Урал. На всей этой территории делают схожие предметы из металла сходного состава — мышьяковистой бронзы: помимо долот и топоров появляются шилья, кинжалы и ножи. Эта цивилизация существует в III—II тысячелетиях до н. э., тогда же возникают сети укрепленных поселений. Например, в районе Карпат они расположены на курганах, или теллях (от этого слова происходит и арабское тель, и тюркское тюбе в названиях городов) в стратегически важных местах — на берегах рек или в местах прохода в долину. Такие курганы образуются из-за строительства новых домов на развалинах старых. Есть мнение, что чем выше курган, тем более значительным была власть этого поселения над окрестностями (агентство «AlphaGalileo», 11 января 2011 года) — ведь высота свидетельствует о древности, которая подкрепляет право определять порядки в зоне своего влияния. Обитатели укрепленных курганов, видимо, взимали таможенную пошлину за провоз товаров по реке и дорогам, могли посредничать в торговле между регионами, занимавшимися сельским хозяйством, ткачеством, гончарным, пушным промыслом и обработкой металлов. Окрестности они держали под контролем силой оружия. Примером такого поселения может служить курган Сазхоломбатта-Фольдвар в Венгрии на берегу Дуная; город там был с XX по XIV век до н. э. К середине II тысячелетия и эта культура прекращает свое существование.

Даты знакомые — время действия героического древнегреческого эпоса, который заканчивается в XIII веке до нашей эры Троянской войной и упадком всех тогдашних великих цивилизаций, хеттской, египетской, микенской и финикийской, — так называемой катастрофой бронзового века. Лишь спустя несколько столетий начнется история Древней Греции с ее философами, поэтами, стратегами и городами-государствами. Но это будет уже железный век.

Что такое Каргалы? Это древнейший металлургический памятник на территории РФ — медные рудники бронзового века к северо-западу от Оренбурга. В ходе раскопок 1989—2002 годов под руководством доктора исторических наук Е.Н.Черных из Института археологии РАН там были обнаружены следы производственной деятельности, которая началась в IV тысячелетии до н. э., затем угасла, возобновилась в XVIII веке до н. э. и опять прервалась в XIV веке до н. э. Снова об этом месте вспомнили уже в XVIII веке н. э. и тогда их называли ордынскими и чудскими рудниками. На территории комплекса помимо шахт есть древние жилища металлургов — и примитивные норы, и обширные дома, а также печи, рудные двory более позднего периода. Считается, что медь из Каргалы, входившей в Циркумпонтийскую провинцию, распространялась по огромной площади и достигала не только Волги, но и Донбасса, и нижнего течения Днепра. Поскольку для выплавки меди нужно много древесного угля, а оренбургская степь лесом не богата, археологи предполагают, что значительную часть руды отправляли на экспорт, в лесные районы, получая оттуда уголь. На территории есть гора из нескольких миллионов костей домашних животных — не исключено, что их тоже меняли на руду или медь. Значит, в этих степях с глубокой древности существовали и региональное разделение труда, и торговые отношения, то есть была развита технологическая цивилизация.

Связаны ли Аркаим и Каргалы? После находки Синташты в 1968 году, Аркаима в 1987-м и еще двух десятков подобных объектов в 1990—2000-х годах появи-

лись термины южноуральская «Страна городов», или синташско-аркаимская культура, а среди специалистов и энтузиастов не умолкают споры о роли, которую играли эти древнейшие города мира. «Страна городов» занимает круг диаметром 350 км на территории Оренбургской, Челябинской областей, Башкирии и Северного Казахстана. Основаны эти города в III—II тысячелетиях до н. э., причем самый старый объект относят к XXXVII веку до н. э. Хорошо изученный Аркаим сгорел в XVII веке до н. э. и не был отстроен заново. Города, как правило, стоят на берегах рек. Все они округлые или овальные в плане, с общей стеной, рвом и центральной площадью, внутри стены расположены однотипные строения — жилые помещения, загоны для скота, мастерские. Во многих из них были печи, как гончарные, так и явно металлургического предназначения.

Все это дает повод утверждать, что найдены древние металлургические комплексы, где переплавляли каргалинскую руду и отправляли готовые изделия или полуфабрикаты водным путем. Возможно, когда-нибудь ученые смогут подтвердить или опровергнуть эти измышления — большинство городов найдено по данным аэрофотосъемки, и раскопки там не проводились.

Что такое бронза? Это распространенная группа сплавов меди. Легирующими элементами бронзы в древности служили мышьяк, олово, свинец. Сейчас появились алюминиевая, бериллиевая, кремнистая и другие бронзы. Добавки легирующих элементов увеличивают прочность основного металла либо улучшают его технологичность. Например, снизить температуру плавления и повысить текучесть расплава важно при использовании сплава для литья.

Порой для экономии дефицитное олово заменяли сурьмой или свинцом. Сейчас свинцовистые бронзы служат в качестве антифрикционных материалов. Оловянистую бронзу и сегодня широко используют — везде, где нужен относительно мягкий металл с высокой стойкостью к коррозии в воде. Это и сетки для целлюлозно-бумажной промышленности, и различные пружины, втулки подшипников, поршни, шестеренки, вентили для водопроводов и газопроводов, детали химического оборудования. Конкуренцию оловянистой составляют алюминиевые и кремнистые бронзы. Например, из алюминиевой бронзы делают монеты желтого цвета — такая бронза дешевле оловянистой.

Самая прочная бронза — бериллиевая, она может посоревноваться со сталью. Изделия из нее прекрасно сопротивляются микродеформации: полностью восстанавливают свою форму после снятия нагрузки. Это незаменимый сплав для изготовления пружин, пружинных контактов в электротехнике, различных мембран. Кроме того, при ударе инструмент из бериллиевой бронзы не дает искры — такой инструмент незаменим при работе с огнеопасными материалами: в газовой и нефтяной промышленности.

Что такое латунь? Это группа сплавов меди с цинком; латунь обычно содержит две части меди и одну часть цинка, при этом получается однородный твердый раствор, поскольку цинк хорошо растворяется в меди. Бывают и двухфазные латуни. Сплав красивого желтого цвета похож на золото, к тому же легко деформируется. Римляне, создавшие латунь в I веке до н. э., то есть на закате республики, чеканили из него «золотые» монеты. По прочности и коррозионной стойкости

латунь несколько уступает бронзам, однако цинк дешевле, чем медь или олово. Латунь идет на декоративные изделия, например элементы сантехники, дверные ручки, вешалки, применяют ее при производстве подшипников, нержавеющей гаек, болтов, в судостроении и при изготовлении боеприпасов: гильзы патронов и снарядов латунные. Из нее также делают самовары и тазы для варки варенья. Кроме того, латунь очень вязкая, поэтому из нее изготавливают навесные замки и личинки для врезных замков: вязкий металл трудно пилить или сверлить.

Что такое мельхиор? Этот сплав на основе меди содержит 5—35% никеля, менее 0,8% железа и менее 1% марганца, он — дешевая замена серебру. Сплав, созданный в 1819 году, был назван по фамилиям изобретателей, лионских мастеровых Майо и Шорье — Maillachort, мельхиором он стал в немецком произношении. Его дешевый аналог нейзильбер (от немецкого Neusilber, то есть новое серебро) содержит 5—30% никеля, 13—45% цинка и иногда свинец. Из обоих сплавов делают посуду, причем столовые приборы из нейзильбера надо серебрить, иначе возникает металлический привкус. Из них же изготавливают монеты серебристого цвета (сейчас в РФ, впрочем, часто используют монеты из стали), ордена и медали, а также технические детали с высокой коррозионной стойкостью. Поскольку никель прекрасно растворяется в меди, эти сплавы представляют собой твердый раствор, то есть они пластичны, из них легко ковать и штамповать изделия. Не исключено, что благодаря присутствию меди ножи и вилки из мельхиора, подобно серебряным, обладают бактерицидными свойствами.



Упрочнение бронзы



Древнейшие бронзовые мечи из Арслантепе

Мышьяковистая бронза — самая древняя. Почему древние металлурги выбрали для легирования мышьяк, не ясно. А вот зачем он в меди, понять можно. Если мышьяка менее 8,1 массовых %, он образует с медью твердый раствор, то есть атомы мышьяка занимают места меди в кристаллической решетке. Поскольку диаметры атомов Cu и As различаются, возникают внутренние напряжения, которые увеличивают прочность и твердость. Серп из такого материала медленнее тупится, а меч лучше рубит доспехи противника. Твердорастворное упрочнение невелико, зато температура начала плавления меди с добавками мышьяка падает — делать отливки из этого сплава гораздо проще, чем из чистого металла. Если дальше увеличивать содержание мышьяка, то твердый раствор пересытится и начнут выпадать кристаллы нового химического соеди-

нения — интерметаллида Cu_3As . Причем выпадать они станут непосредственно в момент затвердевания сплава, и получится эвтектика — механическая смесь кристаллов твердого раствора предельной концентрации и арсенида меди. Полная структура получается весьма сложной — в отличие от чистого вещества сплав затвердевает в интервале температур: сначала выпадают первичные кристаллы твердого раствора, которых тем больше, чем меньше мышьяка, а по достижении критической температуры весь оставшийся расплав становится эвтектикой — она распределена между ранее выпавшими первичными кристаллами. Если же мышьяка станет больше 21,5%, то в качестве первичных станут выпадать кристаллы арсенида.

Кристаллы арсенида гораздо тверже меди, поэтому чем их больше, тем выше прочность, твердость и ниже пластичность

сплава. Однако если переборщить, сплав окажется слишком хрупким, поэтому при изготовлении оружия мастеру не стоило забираться слишком далеко в эвтектическую область, а лучше и вовсе избегать образования такой структуры. Однако он мог использовать еще один механизм упрочнения. При снижении температуры до комнатной растворимость мышьяка в меди падает. Немного — при 300°C до 7,7% с предельных 8,1% при 685°C, однако этим можно воспользоваться. Если твердый раствор предельного состава отогреть при меньшей температуре, то по всему его объему выделятся мельчайшие частицы арсенида меди. Они придадут материалу дополнительную прочность — такой прием, старение сплава, материаловеды со знанием дела применяют с середины XX века нашей эры. Например, в бериллиевой бронзе — прочнейшей из всех бронз, которая идет на изготовление пружин разного рода, — старение увеличивает прочность в три раза. Поскольку выпавшие частицы арсенида меди имеют нанометровый размер, можно пошутить о нанотехнологиях возрастом шесть тысяч лет и о том, что в числе первых создателей наноструктур был кузнец, который придумал сунуть на ночь в остывающий костер свежеструнный бронзовый топор.

Эти материаловедческие соображения в целом соответствуют данным археологов. Согласно их анализам, древние ножи, серпы, наконечники копий содержали 3—8% мышьяка. Верхняя граница соответствует предельному твердому раствору (то есть с максимальным твердорастворным упрочнением), возможно содержащему наночастицы твердого интерметаллида. А нижняя подсказывает, что сэкономили мышьяк либо изготовили предмет из вторсырья: при горячей ковке, а тем более плавке мышьяк из сплава улетучивается, поэтому его и осталось так мало. Кроме того, кузнец мог сплавить и бронзу разного состава. В результате у металла работал гораздо более слабый механизм твердорастворного упрочнения.

Пуговицам, бляшкам, зеркала и прочим украшениям особая пластичность не требуется, зато нужна твердость — будет меньше царапин, дольше сохранится нарядный вид. Действительно, такие предметы могут содержать более 15% мышьяка. Тут играл свою роль и другой эффект: твердый раствор мышьяка в меди имеет красный цвет, а появление интерметаллида придает бронзе красивый серебристый оттенок, и чем больше мышьяка, тем ближе изделие по цвету к серебру. Удивительно, как хорошо древние металлурги знали диаграммы состояния металлических систем, построенные во второй половине XX века, и без химанализа умудрялись точно попадать в требуемый состав, например доэвтектический.

На смену мышьяковистым бронзам пришли оловянистые. Древнейшие находки этого сплава относятся к IV тысячелетию до н. э., однако в обиход такие бронзы

входят в позднем бронзовом веке — II—I тысячелетия до н. э. Причины перехода неясны. Одни исследователи предполагают, что дело в недостатке запасов мышьяка при росте потребности в бронзе. Другие намекают на введение мер охраны труда — мышьяк легко улетает из сплава и отравляет мастеров. Главная же проблема в том, что в районах производства бронзы нет богатых месторождений оловянной руды. Единственное, что нашли археологи, — древние рудники в Северо-Восточном Иране. А так олово добывали в Британском Корнуолле, в Юго-Восточной Азии — Малайзии, Индонезии, Индокитае, в Нигерии, Боливии, возможно, Сирии, Саксонии, Богемии. Но оттуда на протяжении тысячи лет оловянную руду или выплавленный металл нужно было доставлять в Анатолию, Иран, Причерноморье, Австрию, Иберию за тысячи километров по морю, рекам или по суше. При этом и в местах добычи олова, и в местах производства меди должна существовать горнорудная, угольная (пережигаящая его из древесины), металлургическая, кирпичная промышленность, необходимая для экспорта-импорта сырья складская, транспортная и торговая инфраструктура, а также, очевидно, товарно-денежные отношения и государственные структуры для охраны торговых путей. Это несколько меняет традиционную картину Древнего мира, где островки цивилизаций — Египет, Шумер, Эллада — окружены морем дикости. Если датировки древних бронз верны, то мир за тысячу лет до Рождества Христа оказывается гораздо более глобализованным.

С точки зрения металловедения олово не сильно отличается от мышьяка. Диаграмма фазовых превращений системы медь-олово сложнее, но суть та же: однородный твердый раствор можно получить при содержании олова менее 14,4%, отжигая же сплав при 600°C, удастся сделать твердый раствор и при 17% — это предельная концентрация олова в твердой меди, при большем его содержании станет выпадать соединение Cu_3Sn_8 . Старение при 350°C приведет к снижению содержания олова в растворе до 12,2% с выделением избытка в виде станната меди Cu_3Sn .

Впрочем, в реальных условиях все сложнее. Сплав медь-олово склонен к ликвации: кристаллы, выпадающие в начале кристаллизации, обеднены оловом, а оставшийся расплав все сильнее им обогащается и быстро оказывается в области состава, когда при охлаждении начинают формироваться твердые частицы интерметаллидов. Чтобы их растворить и выровнять состав по всему объему отливки, требуется длительный отжиг. Поэтому однородный твердый раствор получают при содержании олова до 8%. Такой материал можно ковать и без длительного отжига. При большем содержании ковать изделия трудно — отливка обладает высокой прочностью и твердостью, но сниженной пластичностью. Сейчас бронзы



ЭЛЕМЕНТ №...

с содержанием олова более 8% считаются литейными, а менее 8% — ковкими, из них делают проволоку, прутки, листы, трубы и прочий прокат. Древние же металлурги, видимо, использовали-таки сложные термические обработки с длительными отжигами.

Есть, правда, и другой способ обойти ликвацию — очень быстро охладить и закристаллизовать расплав. Этот современный прием дает отличную структуру из мелких зерен, что увеличивает прочность без снижения пластичности, дополнительно металл можно упрочнить старением. Как выходили из положения древние металлурги, неясно, но вот, например, в Донецко-Днепровском регионе среди изделий поздней бронзы встречаются ножи с содержанием олова 25%, серпы и наконечники копий — 20%, кинжалы и топоры — 10% («Сборник научных трудов ДонГТУ», 2015, 1, 44, 76—81). В кинжалах, мечах и секирах, найденных в Закавказье, зафиксировано содержание олова 9,6—11,7%. И это оружие отнюдь не ломалось от удара подобно стеклу. Греческие бронзовые сосуды содержали 10—14% олова, монеты — 2—17%, зеркала — 19—32%. Пушечная бронза, которую применяли вплоть до XIX века н. э., также была оловянистой и содержала 10% олова, колокольная — 20%.

Как ни странно, но корейскую бронзовую посуду для сырой рыбы и ныне делают методомковки из бронзы, которую российский ГОСТ относит к литейным: бронза для банццы содержит 22% олова (<http://www.buykorea.org/product-details/forged-high-tin-bronze,forged-high-tin-bronze-bronze-vessels-bronze-spoon--3015244.html>).

Как и в случае с мышьяком, при выборе состава играл роль и его цвет. При содержании олова до 10% получается золотистая бронза, при 16% сплав приобретает красновато-золотистый оттенок, в промежутке между 16 и 25% бронза желтовато-белая, а при 33% становится белой. Таким образом можно симитировать и серебро, и золото, причем с гораздо более высокой стойкостью к износу, чем у благородного металла.



Обещаю стать лучше



Мусор или спортивный самолет?

Выбери на irecycle.ru

GREENPEACE

Обещаю стать лучше



Мусор или куртка?

Выбери на irecycle.ru

GREENPEACE

Ловушки для атомов



В 70-х годах прошлого столетия, после того как Чарльз Педерсен открыл простой способ синтеза краун-эфиров, эти вещества были занятией диковиной в химии органических соединений — красивые молекулы, структурные формулы которых напоминают снежинки или ожерелья (их и назвали от англ. crown — корона). Сегодня с их помощью лечат и диагностируют заболевания, очищают окружающую среду, конструируют

для передачи энергии или хранения информации. Эти соединения — своего рода клетки для различных атомов или молекул, которые краун-эфир затягивает внутрь своей структуры и удерживает с помощью крепких химических связей. Пойманный в ловушку атом может выбраться на волю только в строго определенное время, когда окружающая среда станет благоприятной для этого.

Краун-эфиры много лет изучают в московском Научно-исследовательском институте химических реактивов и особо чистых химических веществ (ИРЕА) в рамках государственных контрактов. О сегодняшних достижениях в этой области нашему корреспонденту рассказывает руководитель лаборатории перспективных органических реактивов **В.Н.Глушко**.

Валентина Николаевна, вы довольно долго занимаетесь проблемой утилизации жидких отходов ядерного топлива. Расскажите, почему выбрали именно эту тематику и какие были трудности на пути от создания первого крауна до запуска производственной установки?

Началось все в 70-х годах прошлого века, когда появились первые исследования краунов. В то время профессор Владимир Максимович Дзиомко создал в ИРЕА научный коллектив и пригласил нас, студентов, работать над новой интересной проблемой. Краун-эфиры хорошо образуют комплексы с щелочными и щелочноземельными металлами, к которым в том числе относятся радиоактивные элементы цезий и стронций. Начали с поиска «короны», в которую уместились бы эти радионуклиды и из которой они бы извлекались. Это оказалось непросто: синтеза многостадийные, каждая стадия сложная и с малым выходом. Но со временем научились, сотрудничали с Донецким и Черкасским заводами химических реактивов для отработки своих методик в цеховых условиях. После Владимира Максимовича эстафету по руководству над проблемой изучения краун-эфиров подхватил заместитель директора ИРЕА Олег Викторович Иванов. Тогда, в конце 90-х годов, по заказу Росатома начали разрабатывать технологии по утилизации радионуклидов на уральском заводе «Маяк»: мы в ИРЕА получали крауны, а там, на заводе, на основании наших соединений проводили испытания по экстракции радионуклидов из радиоактивных отходов. Однако с начала 2000-х годов из-за финансовых трудностей работы были при-



Технологическая установка, созданная в ИРЕА, позволяет получить в месяц до 50 кг продукта, а значит, можно конкурировать с КНР и обеспечивать зарубежные компании. На фото слева направо: В.Н.Глушко, Л.И.Блохина, В.И.Кожухов, О.А.Усова

остановлены и возобновились только в 2011 году с приходом нового директора — Романа Александровича Санду. Усовершенствовались технологии, создали универсальную установку для производства целого ряда краун-эфиров — теперь мы достойные конкуренты иностранцам.

А что с ценами и объемом производства? Много ли сейчас заказов на крауны?

В первое время, как только запустили установку, были заказы от «Маяка», ВНИИ химической технологии — головного института Росатома. Недавно звонили из Белоруссии, с Минского завода полупроводниковых материалов. Вообще интерес есть, и значительный, но, к сожалению, недостаточное финансирование предприятий не позволяет им делать большие заказы, хотя наши крауны гораздо дешевле импортных.

Помимо краун-эфиров вы занимаетесь исследованиями наночастиц серебра. Там уже наметились перспективы сотрудничества и применения разработки?

Мы пробуем вводить частицы в структуру сверхвысокомолекулярного полиэтилена и хотим предложить этот материал для создания имплантатов тазобедренного сустава или для



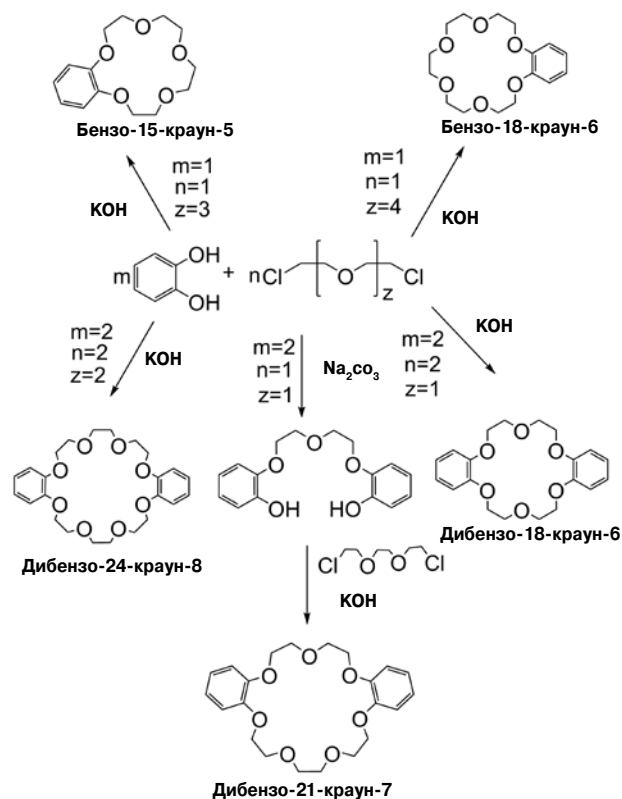
Загрузка реагентов в реактор. Подготовка нутч-фильтра для выделения готового продукта

Российские «короны» и другие ценности

Первыми соединениями, полученными с помощью установки в ИРЕА, были дибензо-21-краун-7 и дибензо-18-краун-6 («Химическая технология», 2013, 7, 412—419; «Наукоемкие технологии», 2013, 3, 5—10). Основой синтеза стали химические реакции, предложенные Чарльзом Педерсеном. Но перед тем как отправить реагенты в реактор, процесс доработали, подобрали нужные растворители, устранили побочные реакции и лишь затем запустили производство. Сейчас на установке получают больше десяти разных краун-эфиров.

В лаборатории В.Н.Глушко изучают краун-эфиры, в структуре которых на месте одного из кислородов находится азот («Journal of Structural Chemistry», 2015, 56, 1, 142—147). Это усиливает ион-дипольное взаимодействие, связи становятся более прочными, решетка сжимается, ее объем уменьшается, а значит, внутри

Общая схема синтеза краун-эфиров с бензогруппами



Несколько слов о номенклатуре краун-эфиров. Чтобы дать молекуле название, сначала определяем тип и число замещенных групп в полиэфирном кольце. Например, в данном случае два бензольных кольца — «добензо». Затем пишем число атомов в кольце (21) — это число характеризует и размер полости. Затем «краун» и число атомов кислорода, то есть эфирных звеньев в кольце (7): дибензо-21-краун-7.

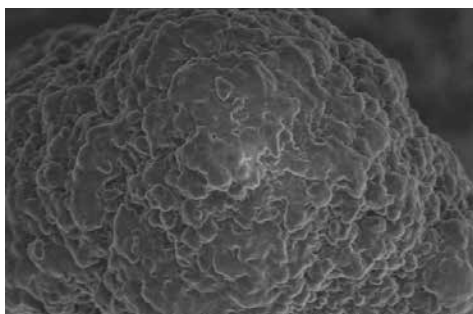


Дибензо-21-краун-7

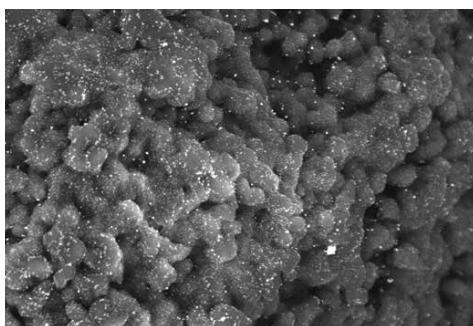


ИНТЕРВЬЮ

челюстно-лицевой хирургии. Бактерицидные свойства серебра хорошо известны, а наноразмеры частиц усилят их. Здесь главное — подобрать нужные концентрацию и размер наночастиц серебра, чтобы имплантат не стал токсичным. Мы уже получили несколько серебряных солей галогенированных, жирных и сульфокислот, которые выступают прекурсорами для синтеза наночастиц серебра. Провели ряд синтезов в матрице полимера, удалось снять несколько удачных фото с помощью сканирующего электронного микроскопа.



Исходный сверхвысокомолекулярный полиэтилен без наночастиц серебра



Полимер, модифицированный наночастицами серебра (белые точки) размером от 20 до 100 нм

А как обстоят дела с финансированием проектов?

По наночастицам серебра у нас контракт на три года с Министерством образования и науки. Недавно заключили еще два контракта — один на разработку технологии получения материалов с повышенной протонной проводимостью, термостойкостью и стойкостью к агрессивным средам на основе полиимидной матрицы с включениями краун-эфиров, для создания мембран топливных элементов; а второй на разработку новых сорбентов для селективного извлечения тяжелых металлов, в том числе радиоактивных изотопов. Кроме того, ведется аспирантская работа по получению новых сенсоров на основе краунов.

В лаборатории и молодежь работает?

У нас на молодежь большие надежды, и, к счастью, есть кому продолжать наше дело. Вот Оля Усова после окончания МИТХТ работает уже год. Вадим Кожухов пришел сюда еще студентом на практику, потом попросился делать диплом, а после защиты остался у нас младшим научным сотрудником.

Беседовала
Светлана Фролова



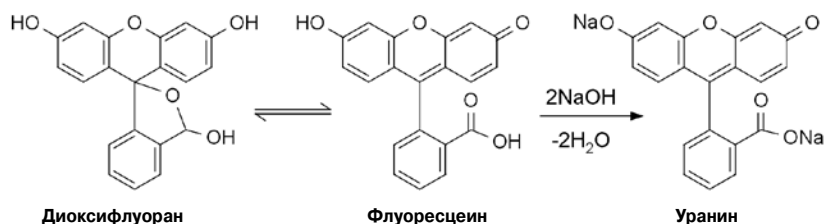
ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

могут оказаться более юркие атомы: никель, медь, железо, платина.

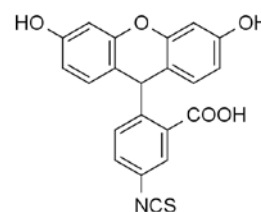
Краун-эфиры применяют также для фотометрического и флуоресцентного анализов, фотоуправляемой экстракции. Так, избирательность краунов очень пригодилась для изготовления различных сенсоров.

Сигнальная часть сенсора — флуорохром — сильно поляризуется, когда в растворе к нему приближаются катионы или анионы металлов, и как бы направляет их к рецептору, например краун-эфиру. В этот момент можно зафиксировать люминесценцию и по ее интенсивности узнать состав и количество определяемого вещества в пробе, в частности катионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Co^{3+} , Ni^{3+} .

В качестве флуорохрома можно использовать флуоресцеин. Его бесцветная лактонная форма — диоксифлуоран в результате таутомерного превращения



Флуоресцеин и его «родственники» — диоксифлуоран и уранин. Из-за яркого зеленого свечения флуоресцеин находит самые разнообразные применения. Работает он и в паре с краун-эфирами



В лаборатории перспективных органических реактивов впервые создали условия для эффективной очистки флуоресцеин-5-изотиоцианата

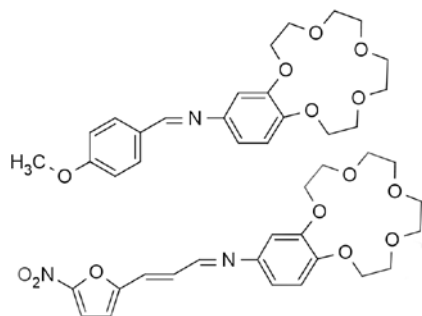
быстро переходит в желтую хиноидную форму. Желтовато-красные щелочные растворы флуоресцеина светятся зеленым в ультрафиолетовых лучах. Флуоресценция заметна и при сильном разбавлении водой, поэтому краситель используют с целью профилактики для определения течей в промышленных канализациях — или ради развлечения, например, в День святого Патрика именно флуоресцеином окрашивают реку Чикаго в зеленый цвет. Ярко-желтую ди-натриевую соль флуоресцеина — уранин применяют для окрашивания морских опознавательных знаков.

А вот изотиоцианатные аналоги флуоресцеина могут «покрасить» даже антитела. При этом флуорохром ковалентно присоединяется к биомолекулам через NCS-группу флуоресцеин-изотиоцианата.

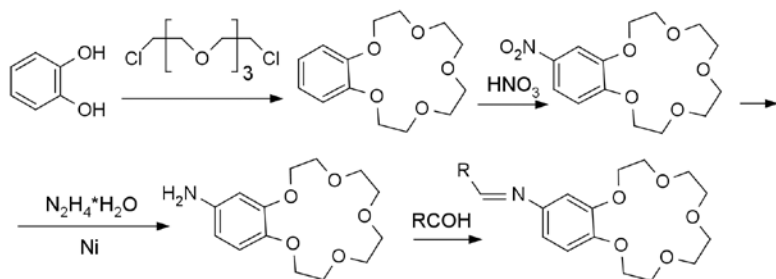
Антитела с флуоресцентной меткой необходимы для быстрой диагностики инфекций. Иммунофлуоресцентную реакцию между антителом, меченным

флуорохромом, и белками-антигенами на поверхности бактериальной клетки или вируса можно наблюдать в лучах лазера. По интенсивности свечения флуорохрома определяют концентрацию патогенных микроорганизмов, субпопуляционный состав, размер клеток в пробе за 10—15 минут, а иногда и за секунды («Российский химический журнал», 2014, 58, 1, 40—45).

С. Фролова

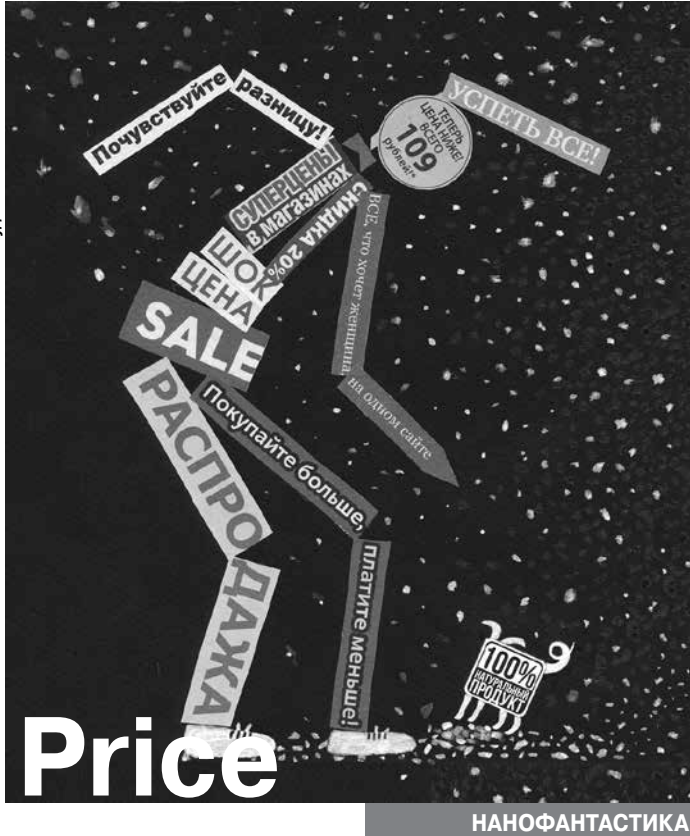


Хромогенные сенсоры на катионы Cu^{2+} — азометиновые производные на основе 4-аминобензо-15-крауна-5. В лаборатории получили разные их производные по схеме, показанной ниже



$\text{R} = \text{C}_6\text{H}_5$ -, $\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_5$ -, C_6H_5 - C_6H_5 и др.





НАНОФАНТАСТИКА

Алексей Ерошин

Гугл-пес повернулся на месте, опустил голову и смущенно вильнул хвостом. Игорь уставился на бетонный забор и тихо чертыхнулся. Опять он повернул не туда. Вторая за двадцать минут ошибка виртуального проводника — это нонсенс. «Сгинь!» — приказал Игорь, и пес растворился. Его место заняла надпись: «Навигатор 3.0 поможет найти дорогу к успеху! Всего за 499.99».

Игорь отмахнулся от баннера, место которого тут же занял другой. «Минеральная вода «Карачинская» утолит вашу жажду прямо сейчас всего за 19.99!»

— Паразиты! — проворчал Игорь. — Все они знают! Когда тебе жрать, а когда...

Впрочем, фокуса в этом не было. Час назад он купил пакетик соленых орешков с новым вкусом. Теперь, по расчетам коварных маркетологов, пришло время утолить жажду. Целевая реклама — это горная лавина, которую рождаешь одним неверным действием.

Тьма, холод, безлюдье и редкие белые мухи в свете одинокого фонаря. Одно слово — промзона. Надо было как-то выбираться из захолустья, в которое завел его непутевый проводник.

— Карта! — приказал Игорь.

Сориентироваться было непросто. К тому же мешали обнаглевшие стаи рекламных баннеров.

Выбрав направление, Игорь побрел во тьму, спрятав замёрзшие руки в карманы. Реклама, почуяв ослабление борьбы, ринулась в атаку на незащитного потребителя, кружась и зудя, как стая moskitov. «Зимняя резина от «Железного коня»», «Памперсы «Русские сказки» — культурное развитие вашего малыша, одобренное Минздравом». «Гигиенические тампоны «Свежесть утра» — максимальная защита!»...

Это уже не влезало ни в какие рамки. Фильтр целевой рекламы явно приказал долго жить. Надо было срочно сворачивать в ближайшую мастерскую на перепошивку биочипа. Между тем объявлений становилось все больше, и приставали они все назойливей. Игорю стало не до смеха. Спам валился на него без учета интересов, пола и возраста, предлагая все подряд, от путевок в кругосветное турне до предметов женской гигиены. Объявления слетались в его коммуникатор, как мошки к одинокому фонарю. В конце концов их налетело столько, что Игорь окончательно

потерял ориентировку, ничего не видя за мельтешащими и вопящими окнами.

— Господи, все бы отдал, чтобы эта зараза куда-нибудь исчезла! — простонал он.

Как по волшебству, перед глазами, бесцеремонно растолкав прочие баннеры, возникла надпись: «Компания «Аргус» гарантирует немедленное избавление от спама. Бесплатный вызов круглосуточно и без выходных!» Выбора не было. Игорь поспешно схватился за это предложение и без дальнейших раздумий ткнул номер телефона. Перед ним возникло изображение разбитной белокурой девицы с лиловыми губами, занятой смакованием жвачки.

— Компания «Аргус», бесплатный вызов, кругло...

— У меня проблема, — перебил Игорь.

— Я вижу, — флегматично заметила девица, не прерывая своего занятия. — Не повезло. Похоже, ваш биочип хакнули.

— Самым циничным образом, — согласился Игорь.

Окно собеседницы яростно атаковали другие претенденты на внимание клиента, но она как-то ухитрилась держаться впереди.

— Ну что, — сказала девица, — будем думать или будем подписывать?

— Будем подписывать, — торопливо кивнул Игорь.

— Стоимость услуги указана в контракте.

— Плевать на цену. Я это долго не вынесу.

Игорь привычно черкнул электронную подпись.

— Как быстро ждать вашего специалиста?

— Вами уже занимаются, — прожевала девица и отключилась.

И правда, количество спама стало стремительно уменьшаться.

Сначала исчезла реклама «Роллексов», элитных квартир и представительских автомобилей, потом баннеры бутиков эксклюзивной одежды. За ними — предложения купить бытовую технику и ниже нее белье. Последними пропали объявления со скидками на пиво, стиральный порошок и ватные палочки.

Пару минут Игорь наслаждался покоем, пока не решил, что пора бы и податься домой.

— Гугл-пес! — позвал он.

— Ваш кредит исчерпан, — ответил коммуникатор. — Для вызова услуги пополните счет.

— Как это — исчерпан?!

Игорь торопливо набрал код проверки счета. На строке баланса светились нули. Больших сбережений там никогда и не было, но снятая сумма была непомерно завышена.

— Компания «Аргус»! — возмутился Игорь.

Возникло изображение знакомой девицы, которая теперь зачачивала пилкой хищные ноготки. Она удостоила клиента равнодушным взглядом.

— У вас возникли претензии по качеству?

— По качеству не возникли, — съязвил Игорь. — А вот по стоимости...

— Стоимость была указана в контракте.

Девица выдула большой розовый пузырь, лопнувший с гулким хлопком.

— Но вы забрали ВСЕ мои деньги! — сердито заявил Игорь. — До последней копейки!

Собеседница хищно облизнулась, остреньким алым язычком собрав с лиловых губ розовые ошметки.

— А как бы мы еще избавили тебя от спама, дурашка? Они бы не отстали, будь у тебя хоть копейка на счету. А теперь ты совершенно свободный симпатичный парнишка с пустым карманом. И больше никому не интересен.

— Ты и сама привлекательная особа, — нахально заявил Игорь. — Мы могли бы...

Лиловые губки сложились в издевательскую усмешку.

— Никому, — холодно повторила собеседница, выдула последний пузырь и с гулким хлопком исчезла.

Игорь постоял с минуту и обреченно побрел в рекламное загромождение городских огней.





Человек в каркасе

«Будущее уже здесь, оно только распределено не слишком равномерно», — сказал Уильям Гибсон. О ростках будущего, которые можно найти в настоящем, читателям «Химии и жизни» рассказывает Виктор Вагнер, программист-разработчик фирмы «Postgres Professional», автор фантастического романа «Дети пространства».

В 2014 году пресса писала, что решающий момент чемпионата мира по футболу в Бразилии состоялся до начала первого матча. На поле выехал человек в инвалидной коляске, встал, сделал несколько шагов и ударил по мячу. Ноги этого человека были парализованы. Перемещаться ему позволил механический экзоскелет, управляемый биотоками мозга (см. «Химию и жизнь», 2014, № 11).

И это не единственный случай. В 2016 году в Цюрихе состоится соревнования, участники которых могут свободно



передвигаться и тем более заниматься спортом только благодаря электронным устройствам, компенсирующим повреждение организма.

Иногда бывает достаточно передать снятые с мозга сигналы на сохранившиеся нервы ног, как сделали в 2011 году ученые университета Лос-Анджелеса, чтобы преодолеть паралич, вызванный повреждением позвоночника.

В других случаях, как с бразильцем Жулиано Пинто, открывшим чемпионат мира по футболу, техническими устройствами приходится заменять и мышцы, и кости. На человека надевают довольно громоздкий каркас-экзоскелет, оснащенный сервоприводами. При всех своих неудобствах это устройство дает куда больше возможностей, чем самая совершенная инвалидная коляска. Несмотря на все усилия по обеспечению безбарьерной среды, даже в городах жизнь рассчитана в первую очередь на людей, способных ходить по лестницам и что-то переносить в руках.

Впрочем, паралич или повреждения опорно-двигательного аппарата — это не единственные болезни, которые могут превратить человека в инвалида. Но работа ведется и по другим направлениям.

Например, французская фирма «Кармат» разработала протез сердца, предназначенный не для краткосрочной работы в больнице в ожидании живого органа для трансплантации, а для длительного ношения (<http://labiotech.eu/carmats-artificial-heart-is-now-inside-three-patients-hows-it-doing/>). Здесь тоже используется управление биотоками, позволяющее изменять объем перекачиваемой крови в зависимости от нагрузки. Единственная проблема — батарею нужно перезаряжать после 16 часов автономного перемещения (<http://content.time.com/time/health/article/0,8599,1857216,00.html>). Примерно как у смартфона. Но если севшая батарейка в смартфоне — мелкая неприятность, то севшая батарейка в искусственном сердце — смертельна.

В Университете Лос-Анджелеса разработали искусственную почку, которую, правда, не имплантируют в

тело, а носят на поясе (<http://edition.cnn.com/2015/11/11/health/wearable-artificial-kidney-dialysis-study/>). Но она позволяет осуществлять гемодиализ непрерывно, как настоящая почка, а не периодически, как современные стационарные аппараты.

Дело постепенно идет к тому, что развитие техники, которое фантасты называют киборгизацией, — появление разнообразных технических устройств, заменяющих или дополняющих человеческие органы, — существенно изменит само понятие об инвалидности.

Мне уже приходилось читать, что отмирает культура глухонемых, связанная с языком жестов (<https://medium.com/matter/the-silencing-of-the-deaf-22979c8ec9d6>). Большинство случаев глухоты уже сейчас излечимы с помощью установки имплантатов.

Хотя, по-моему, все эти биоэлектронные протезы для больных людей — вещь, конечно, нужная и очень гуманная, но временная. Им сужден короткий век, примерно как гибким магнитным дискам (дискетам), которые сейчас сохранились только в виде иконки «сохранить файл», сменившись более емкими и быстрыми носителями информации.

То же самое произойдет и тут. Через 20—30 лет, максимум через 50, люди научатся выращивать органы-заменители из клеток пациента. А живая, натуральная рука или почка имеет очень большие преимущества перед любым протезом — она получает энергию из пищи, точно так же, как и остальной организм, она не требует специальных гигиенических процедур, она сама исправляет небольшие повреждения. И если это орган, выращенный из собственных клеток пациента, нет и проблем с тканевой совместимостью.

Будет ли какая-нибудь польза от технологической киборгизации в более долгосрочной перспективе? Этот вопрос следует понимать как «существуют ли ситуации, в которых здоровый человек согласился влезть в экзоскелет или подключить к своему организму какой-то искусственный орган?».

Мне кажется, что перспективы у этих технологий есть. Ну, например, кто не мечтал, занимаясь строитель-

ными или монтажными работами, о лишней паре рук? А специалисты из Массачусетского технологического института превратили эту мечту в реальность, изготовив пару дополнительных рук, которая прикреплена к надеваемому на манер жилетки каркасу (<http://wonderfulengineering.com/new-invention-by-mit-researchers-gives-you-an-extra-pair-of-robotic-hands/>).

Не знаю, как много времени понадобится человеку, чтобы научиться оперировать четырьмя руками одновременно, но, даже если придется мысленным усилием переключаться с одной пары на другую, это уже неплохо. Можно электронными руками что-то взять, зафиксировать захват, а потом двумя живыми с этим работать.

Не проходят мимо темы экзоскелетов и военные. Как известно, боеприпасов бывает очень мало, мало и «маловато, но больше не унести». Экзоскелет, в котором вес принимают на себя не кости, а металлические трубы и движут их не слабые мышцы, а мощные сервомоторы, в этом отношении очень полезен. Сохраняя способность человека перемещаться по пересеченной местности и не требуя сложной компьютерной системы управления (поскольку управляется человеком, на которого надет), экзоскелет способен увеличить переносимый груз и избавить его от усталости на длинных переходах. Ну и отдачу от мощного оружия он примет на себя.

А ведь можно построить экзоскелет, размерами и мощностью существенно превосходящий человека, как сделал Карлос Овенс с Аляски, о котором писал журнал «Популярная механика» (<http://www.popsci.com/scitech/article/2009-05/man-machine>). В военном отношении гигантская человекоподобная фигура, пожалуй, малоперспективна, поскольку представляет собой слишком крупную мишень, а, например, при строительстве или при спасательных работах в зонах чрезвычайных ситуаций может оказаться незаменимой.

Виктор Вагнер

Микрофлора нашей техники

Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник

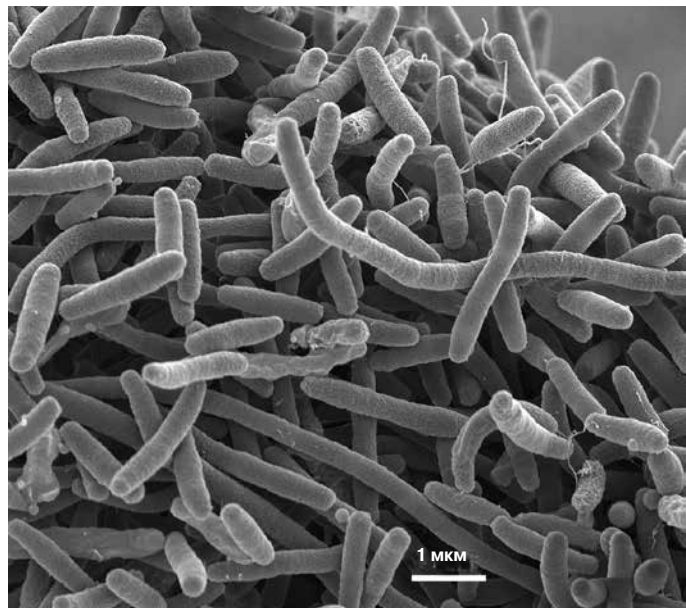
Совершенствуя свои жилища, оснащая их водопроводом, канализацией и бытовой техникой, человек создает множество новых экологических ниш, в которых уютно себя чувствуют микроорганизмы. Проникают они в дом легко, а избавиться от них практически невозможно, хотя порой очень хотелось бы. Остается лишь изучать непрошенных соседей и постоянно мыть, чистить, драить все эти приспособления, предназначенные облегчать нам жизнь.

Аэрозольные легионы

В 1976 году участников 49-го съезда Американского легиона (Ассоциации участников войн), который проходил в Филадельфии, поразила тяжелейшая пневмония, вызванная неустановленным возбудителем. Ее симптомы — лихорадка, мышечная боль и кашель — проявились уже после того, как легионеры разъехались по домам, однако медики скоро выяснили, что все заболевшие одновременно проживали в одном отеле. Тогда заболело 182 человека, умерло 29. Спустя три года возбудитель идентифицировали и назвали в память первых жертв легионеллой, а вызванную этой бактерией болезнь — болезнью легионеров. В настоящее время известно 48 видов легионелл, но 90% заболеваний вызывает *Legionella pneumophila* (рис. 1). На ее счет пневмония и более мягкая форма заболевания, понтиакская лихорадка, симптомы которой напоминают грипп.

Многие специалисты считают легионеллез техногенным заболеванием, поскольку эти микробы заселяют систему центрального кондиционирования зданий и бассейны саун. Люди заражаются, вдохнув попавшие в воздух капельки воды, содержащие бактерии, а капли эти разлетаются на несколько метров. От питья зараженной воды заболевают только люди с чрезвычайно ослабленным иммунитетом. Причиной вспышки пневмонии в Филадельфии стали кондиционеры отеля. Исключение составляет *L. longbeachae*, живущая не в воде, а в компостных кучах. Она вызывает респираторные инфекции, которым чаще всего подвержены садовники и продавцы садовой земли.

Откуда же такая напасть на нашу систему водоснабжения? Легионеллы — бактерии теплых пресных вод, впервые их выделили в 1943 году, однако природные водоемы крайне редко служат резервуарами болезни, поскольку легионеллы питаются и размножаются в клетках простейших: нескольких видах амёб, инфузорий и слизевиков. Находясь внутри простейшего, бактерия обычно не представляет опасности для человека. Ситуация меняется, когда возбудитель попадает в систему водоснабжения. Вода в ней, как правило, теплее, чем в естественных водоемах; легионеллы живут в диапазоне температур 25—42°C, но лучше всего чувствуют себя при 35°C. В таких условиях бактерии активно размножаются, их становится гораздо больше, чем простейших, и, чтобы вы-



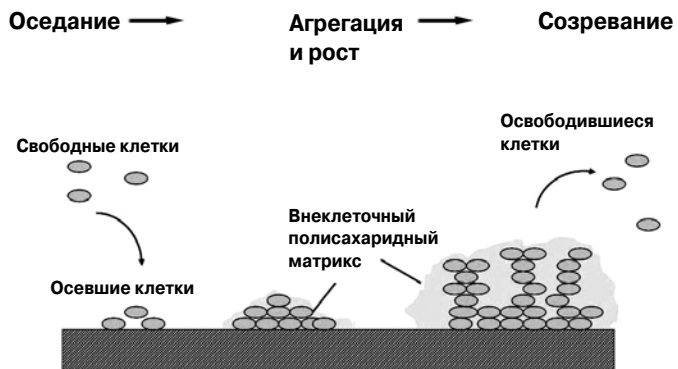
1
Legionella pneumophila — возбудитель болезни легионеров

жить, они образуют биопленки (рис. 2). Бактерии оседают на какой-либо твердой поверхности, прикрепляются к ней, размножаются и выделяют полисахариды и белки, которые надежно защищают их от пагубных воздействий окружающей среды. С микроорганизмами в таком состоянии справиться очень сложно. Когда биопленка разрастается, отдельные бактерии выходят из нее и отправляются осваивать новые поверхности или инфицировать хозяев.

Именно биопленки позволяют легионеллам существовать в водопроводных трубах, где питательных веществ меньше, чем в клетке амёбы, выдерживать действие обеззараживающих воду реагентов и распространяться с аэрозолями. Попадая с мельчайшими каплями воды в организм человека, бактерии проникают в макрофаги, которые в данном случае заменяют им простейших, размножаются внутри клеток и покидают убитый макрофаг.

У легионеллы прочная, но незаслуженная репутация экзотического возбудителя. На самом деле она весьма распространена, просто ее нелегко идентифицировать, и медики часто принимают легионеллез за обычную острую пневмонию. По клиническим признакам различить эти заболевания нельзя.

Исследователи ищут эффективные антибиотики и включают их в протокол лечения острой пневмонии, но смертность от легионеллезов все-таки очень высока, около 10%. Несмотря на все усилия медиков, спорадические случаи



2
Образование биопленки — многостадийный процесс. Внеклеточный матрикс надежно защищает бактерии от неблагоприятных внешних воздействий

заболевания возникают постоянно, а время от времени происходят и крупные вспышки (о *Legionella* spp. и вызываемых ими заболеваниях написано много, например в «Clinical Microbiology Reviews», 2002, 15, 506—526, doi: 10.1128/CMR.15.3.506-526.2002; «European Respiratory Journal», 2013, 42, 1454—1458, doi: 10.1183/09031936.00089113). Осенью 2000 года заболели 650 человек в испанском городе Мурсия, в 2012 году — 50 человек в Эдинбурге. В обоих случаях виновной оказалась система кондиционирования здания. Идеальный рассадник легионеллезов — больницы. Иммунитет у пациентов ослаблен, водопроводные системы, как правило, старые, воду зачастую сильно не нагревают, чтобы пациенты не обожглись. Но порой опасность подстерегает в неожиданных местах.

В 1999 году заболели почти 200 посетителей выставки цветов в Голландии, смертность составила 11%. Цветы и земля оказались ни при чем. У входа на выставку демонстрировали гидромассажную ванну, именно она и стала источником заражения.

Безусловно, водопроводные трубы надо чистить, однако не всегда это помогает. В 2000 году от бактерий пострадали 119 посетителей нового аквариума в Мельбурне, четверо умерли. Источником инфекции стала система охлаждения, хотя она была совсем новая.

В общем, легионеллы обжили наш водопровод и создают серьезные проблемы. В ожидании более эффективных решений специалисты предлагают обеззараживать воду монохлорамином, который действует на легионелл сильнее, чем простое хлорирование.

Под ободком

Благодаря современному сантехническому оборудованию воздушно-капельным путем распространяются не только респираторные, но и кишечные инфекции, поскольку современный унитаз — машина для производства аэрозолей. При спуске воды крошечные брызги разлетаются по всему помещению. Конечно, на образование аэрозоля влияет дизайн унитаза и тип сливного устройства, но эта проблема еще ждет углубленного исследования, а мы сейчас говорим о бактериях.

Специалисты исследовательской лаборатории компании «Унилевер» и Астонского университета (Великобритания) определяли уровень аэрозольного микробного загрязнения туалета после спуска воды («Journal of Applied Microbiology», 2005, 99, 339—347, doi: 10.1111/j.1365-2672.2005.02610.x). Их интересовало состояние воздуха в помещении после приступа диареи у пользователя. Чтобы смоделировать ситуацию, ученые выливали в чистый унитаз полужидкий агар, содержащий 10 млрд. бактерий *Serratia marcesens* или вирусных частиц бактериофага MS2, и спустя пять минут спускали воду. До и после этого действия они определяли содержание бактерий и вирусов на поверхности фаянса, в воде, воздухе и на стенах. Помещение, кстати, небольшое — 2,6 м³, в нем унитаз едва помещается.

Микроорганизмы и вирусы, которые использовали исследователи, легко обнаружить и культивировать (*S. marcesens* красного цвета), посевы на питательную среду позволяют подсчитать число колоний или вирусных бляшек. Оказалось, что бактерии налипают на фаянсовую поверхность и проникают под ободок. После смыва их становится существенно меньше в унитазе, но инфицированные капельки повисают в воздухе: в одном кубическом метре исследователи насчитали до 1370 жизнеспособных бактерий и 2420 вирусных частиц. Спустя 30 и 60 минут количество бактерий в воздухе сократилось в 20 и 100 раз соответственно. После второго смыва в воздух попадает в три раза меньше бактерий, а после



третьего — раз в десять меньше. Если страдающий диареей посетит туалет несколько раз подряд, в помещении может возникнуть концентрация бактерий и вирусов, достаточная для того, чтобы здоровый человек, вдыхая этот воздух, подцепил кишечную инфекцию. Не зря общественное мнение считает туалеты горячей точкой микробной опасности. По данным исследователей, закрывать перед смывом крышку бесполезно: между ней и унитазом остаются щели, через которые значительная часть бактерий и вирусов попадает в воздух.

Микроорганизмы вылетают из воды на дне унитаза, но хорошо приклеиваются к фаянсовым стенкам и забиваются под ободок, где держатся несколько дней. Пространство под ободком с его зловещими жителями — предмет постоянной тревоги рекламных домохозяек. Но и ученые регулярно туда заглядывают, интересуясь, какое сообщество там обитает и как от него эффективнее всего избавиться.

Обычно бактерии из-под ободка идентифицируют, высевая их на селективные питательные среды, однако многие микроорганизмы на искусственных средах не растут и остаются неопознанными. Микробиологи компании «Хенкель» впервые изучили ободочное сообщество, используя молекулярные методы исследования («Journal of Applied Microbiology», 2010, 108, 1167—1174, doi:10.1111/j.1365-2672.2009.04510.x). Под ободком, как и в трубах, формируются биопленки. Исследователи их соскребли в шести домашних туалетах Дюссельдорфа и проанализировали последовательности генов микробной 16S рРНК.

В пробах действительно оказалось очень много некультивируемых видов. Ученые обнаружили представителей 104 родов, из них наиболее распространены и многочисленны альфа-протеобактерии *Brevundimonas*, *Hyphomicrobium*, *Rhodomicrobium*, *Sphingomonas*, *Sphingopyxis* и *Phenylobacterium*, гамма-протеобактерии *Hydrocarboniphaga*, *Dokdonella* и *Stenotrophomonas*, актинобактерии *Acidimicrobium*, *Pseudonocardia* и *Brevibacterium*, ацидобактерии *Gp4*, сфингобактерии *Niastella*, а также *Pirellula* (Planctomycetacia).

Исследователи отмечают, что биопленки под ободком исключительно бактериальные, ни грибов, ни архей они не обнаружили. Среди бактерий нет типичных представителей фекальной микрофлоры (*Bacteroides* sp., *Clostridia*, лактобацилл или энтеропатогенных протеобактерий). Большинство идентифицированных генных последовательностей принадлежат бактериям почвы и сточных вод — очевидно, они попали в унитаз с водой из сливного бачка, с нею же получают необходимые питательные вещества. Это неудивительно: фекальные бактерии, привыкшие к анаэробным, влажным и сытным условиям кишечника, не прижились бы в унитазе, где все-таки суше, чем в организме, питательных веществ меньше и хорошая аэрация. Однако, как мы уже знаем, эти патогены, хотя и не задерживаются надолго под ободком унитаза, могут находиться там временно, особенно если туалетом часто пользуется больной, страдающий кишечной инфекцией.

Безусловно, бактерии под ободком менее опасны для здоровья, чем некоторые микроорганизмы фекалий, почвы или воды. Тем не менее туалетные биопленки могут вызывать неприятный запах или зарастание поверхности. Они мешают как следует очистить унитаз, тем самым задерживая и патогенную микрофлору. Следовательно, биопленки под ободком надо удалять не только из эстетических, но и из гигиенических соображений. Вопрос в том, какое средство выбрать. Дело в том, что состав подободочного сообщества отличается большим разнообразием, причем пробы, взятые из трех разных туалетов одного дома, оказались менее сходными, чем пробы из трех разных домов. На состав биопленок, по-видимому, влияют возраст и форма унитаза, частота его использования, микробиологическое и химическое качество воды, а также методы и частота очистки, не говоря уже о человеческом факторе. Так что «бактерии под ободком унитаза» — собирательный образ. Исследователи рекомендуют для борьбы с ними использовать средства, содержащие муравьиную кислоту.

Между унитазом и холодильником

Двигаясь по унитазу, мы добрались до сиденья — весьма своеобразной экологической ниши, которой трудно подобрать природный аналог. Ее микробное сообщество исследовали специалисты Национального университета Сеула, также используя молекулярную диагностику («Current Microbiology», 2013, doi: 10.1007/s00284-013-0401-y). Они взяли пробы с участка сиденья размером 5 на 5 см в 10 домах, где проживали семьи из 4—5 человек, и обнаружили в них микробы, принадлежащие к 16 филам, с преобладанием *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*. Более половины идентифицированных видов относятся к кожным бактериям человека и только 15,4 % видов — к кишечным. Сообщество домашних бактерий во многом зависит от того, что люди вырастят в себе или принесут извне в свое жилище. Кожа человека оказалась существенным источником бактериального загрязнения, что, впрочем, неудивительно, поскольку ее контакт с сиденьем унитаза велик. Сходные результаты получили исследователи из Колорадского университета, изучая микробное сообщество общественных туалетов.

Но самое любопытное заключается в том, что четыре основные «туалетные» группы бактерий преобладали и в холодильниках — корейские ученые брали пробы в отделениях для хранения овощей. Там влажно и присутствуют питательные вещества, условия для микроорганизмов вполне комфортные. Разница между двумя микробными сообществами, конечно, есть. В холодильнике нашли представителей 30 фил, кожные бактерии составляют всего 15,6% видового разнообразия, а кишечные — 4,9%. Все-таки наша кожа контактирует с сиденьем унитаза больше, чем с овощным отделением. Численность бактерий (а не видовое разнообразие) в туалете меньше, возможно, потому, что его моют чаще, чем холодильник.

Композиция микробного сообщества в каждом доме своя, однако во всех случаях и на сиденье унитаза, и в овощном отделении преобладают одни и те же виды. Среди кожных бактерий — *Propionibacterium acnes*, компонент нормальной микрофлоры кожи, ротовой полости и толстой кишки; среди кишечных — *Bacteroides vulgatus*. Эта бактерия обычна в кишечнике здоровых людей, но она же — оппортунистический патоген, то есть здоровому человеку не страшна, а у ослабленного может спровоцировать болезнь.

Большинство видов, обнаруженных корейскими учеными, не относится к явным патогенам, потенциально опасных микробов очень мало, но они есть. Чтобы уменьшить возможный риск, исследователи предлагают заворачивать продукты, хранящиеся в холодильнике, и регулярно мыть его изнутри.

В стиральную машину по грибы

Любое влажное место — благодатная среда для микроорганизмов, в нем непременно возникнет микробное сообщество, и не одно. Мы уже видели, какую сложную, многоуровневую экосистему представляет собой унитаз, а казалось бы — простая фаянсовая посуда. Еще один «микробный парк» представляют собой стиральные машины. В них есть закоулки, которые не просыхают никогда.

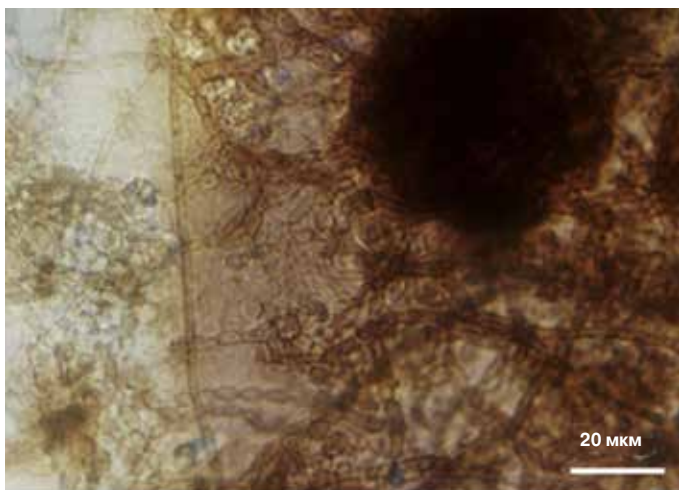
Казалось бы, не должно быть бактерий в агрегате, периодически промываемом растворами стирального порошка в горячей воде. Однако современные стиральные и посудомоечные машины работают при более низких температурах, потребляют меньше воды и рассчитаны на биоразлагаемые моющие средства. Такие условия способствуют отбору микроорганизмов, устойчивых к температурному и окислительному стрессу и действию детергентов. Они образуют биопленки, содержащие в том числе и условно патогенные виды, которые потом переходят на выстиранное белье и кожу и могут стать причиной заболевания. Исследователи составили довольно длинный список видов бактерий и грибов, населяющих эту технику. Например, в посудомоечных машинах поселяются чрезвычайно устойчивые к экстремальным воздействиям и потенциально опасные для человека дрожжи *Exophiala dermatitidis* и другие грибы. В стиральных машинах часто встречаются бактерии родов *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Escherichia*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* и *Staphylococcus*. Почти все они присутствуют в пресных водах, а также на занавесках душевых кабин, кухонных губках, посудных полках. Есть в машинах и грибы, хотя о них известно меньше. Именно грибами заинтересовались ученые из нескольких исследовательских центров Словении («Fungal Biology», 2015, doi:10.1016/j.funbio.2014.10.007). Исследователи отмечают, что только от грибковых заболеваний кожи, ногтей и волос страдает более миллиарда человек. Грибковые инфекции сопровождают людей, болеющих раком, СПИДом и аутоиммунными или хроническими заболеваниями.

Ученые обследовали 70 стиральных машин разных производителей из различных мест Словении со средним сроком эксплуатации 3,5 года. Их используют с разной частотой, от раза в неделю до раза в день, при температурах 30—95°C. Микрофлору искали в пластиковых контейнерах для моющих средств и кондиционеров, а также в складках резиновой прокладки дверцы (рис. 3).

Пятьдесят пять машин из 70 оказались заражены грибами, попавшими туда с водой и грязным бельем. Во время стирки кто-то погибает, но кто-то устойчивый и выживает, конечно, благодаря биопленке, в которую объединяются грибы и бактерии (рис. 4). Ученые обнаружили 72 штамма грибов, принадлежащих к 12 родам и 26 видам. Большая часть штаммов, 44%, приходится на комплекс *Fusarium oxysporum* и *F. solani*, а также *Candida parapsilosis* и *Exophiala phaeomuriformis*. Это



3
Обитаемая стиральная машина. Темные биопленки из бактерий и грибов видны в контейнерах для стирального порошка (слева) и кондиционера (в центре). Под резиновым уплотнителем они тоже есть



4
Биопленка в стиральной машине крупным планом

оппортунистические патогены человека, которые могут вызывать кожные, ногтевые или глазные инфекции. Разные узлы машины грибы колонизируют с различной частотой: емкости для кондиционера и порошка пострадали в 80,6% и 74,4% случаев соответственно, причем в каждой емкости преобладают свои виды. В резиновых прокладках грибы заводятся в 52,6% случаев. Определяющими для заражения оказались использование кондиционера для белья и температура стирки. В заросших грибками машинах чаще стирают при 40°C, в чистых — при 60°C.

За неприятный запах, однако, отвечают не грибы, а бактерии. В машинах, из которых дурно пахнет, живет в среднем только шесть видов грибов и преобладают микробные сообщества с доминированием родов *Micrococcus*, *Pseudomonas* и *Sphingomonas*. Там, где запаха нет, грибное разнообразие больше, до 15 видов. Запах возникает, когда бактерии расщепляют детергенты, содержащие ароматические углеводы (поливинилпироллидон), спирты (терпинеол, сорбутол), сурфактанты (анионы, неионные, катионные, цвиттерионные), пахучие добавки (цитраль, лимонен) и ферменты (амилазу, протеазу, липазу). Этими же веществами питаются и грибы, только запах при этом не появляется. Стиральный порошок содержит и отбеливатель, перкарбонат натрия, который сдерживает рост микроорганизмов. В кондиционерах отбеливателя нет, они питают грибы и бактерии, не препятствуя их росту.

Исследователи отмечают, что при стирке без кондиционера грибы в машине заводятся реже. В качестве домашней альтернативы кондиционерам они рекомендуют 1%-ную уксусную кислоту, которая к тому же подавляет рост микроорганизмов. К счастью, каждый производитель стиральных машин снабжает свои изделия инструкцией, где сказано, как ухаживать за отделениями для моющих средств и резиновой прокладкой. Следуйте инструкции.

Не только люди любят кофе

Как мы уже выяснили, укромные уголки домашней техники представляют собой полигон для отбора, в ходе которого выживают наиболее устойчивые к стрессам микроорганизмы. Если в стиральных и посудомоечных машинах оседают те, кому не страшен детергент, то бактерий, нечувствительных к действию кофеина, имеет смысл поискать в кофеварке.

Алкалоид кофеин содержится в листьях некоторых растений, но его присутствие в естественной среде в чистом виде служит несомненным признаком антропогенного загрязнения. Кофеин не всем полезен, поэтому промышленность вы-

пускает напитки с пониженным его содержанием. Есть разные способы получения таких напитков, и в том числе специалисты разрабатывают микробные методы декофеинизации. Этот алкалоид разлагают *Aspergillus tamaritii*, *Trichosporon asahi*, *Pseudomonas* sp. и *P. putida*. В то же время кофеин известен своими антимикробными свойствами, и далеко не каждая бактерия выдержит его присутствие.

Специалисты университета Валенсии рассудили, что новые виды бактерий, перспективные для декофеинизации, надо искать в кофеварках, и ведь не сомневались, что найдут («Scientific Reports», 2015, 5, 17163, doi: 10.1038/srep17163). Они проинспектировали девять капсульных кофе-машин фирмы «Nespresso», которые использовали дома, в академических учреждениях и исследовательских центрах Валенсии. Средняя температура в этих помещениях не превышала 25°C, кофе заваривали в среднем от 2 до 20 раз в день.

В машинах «Nespresso» использованные капсулы автоматически сбрасываются в специальный контейнер, под которым есть поддон для сбора капель (рис. 5). С этих поддонов ученые соскребали кофеиновый налет и определяли в нем последовательности бактериальных 16S рРНК.

В контейнерах разных машин оказалось от 35 до 67 видов бактерий, среди которых преобладали *Pseudomonas* sp. и *Enterococcus* sp. Представители рода *Pseudomonas* относятся к немногим известным бактериям, разлагающим кофеин, и выдерживают концентрацию алкалоида до 15 г/л. Что касается *Enterococcus*, то присутствие этой бактерии необязательно свидетельствует о ее способности разлагать кофеин, она может просто хорошо переносить его присутствие. То же самое относится и к представителям других таксонов, представленных в кофе-машинах. Большинство из них в естественных условиях встречается рядом с кофе: их обнаруживали во время естественной ферментации ко-



5
Кофеварка «Nespresso» и контейнер для использованных капсул

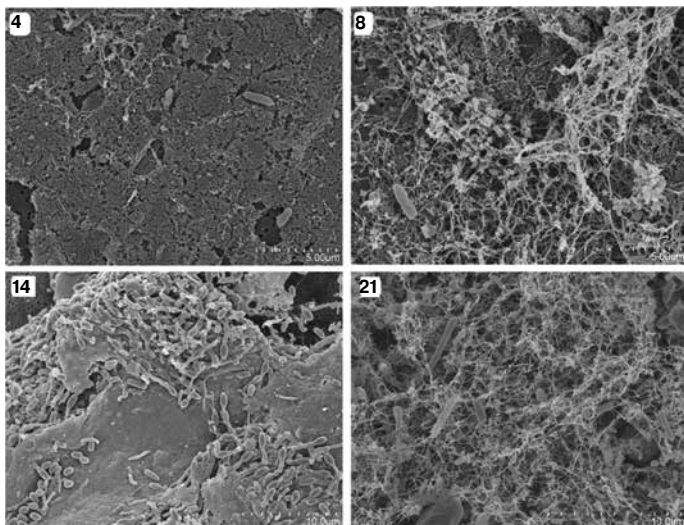
фейных зерен и при компостировании отходов кофейного производства.

Бактерии могли попасть в машину только из внешней среды, на капсулах с кофе их точно не было. Исследователи

Кофе вареный и пареный



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



6
Электронная фотография микробного сообщества кофе-машины на 4, 8, 14 и 21-й день формирования

проследили, как происходит колонизация кофе-машины: взяли новенький, чистенький агрегат, поставили в отдельную комнату и заваривали в нем кофе трижды в день в течение двух месяцев. Бактерии появились в кофейном налете уже на четвертый день, но первый месяц сообщество было неустойчиво, затем в нем утвердилось микроорганизмы, хорошо переносившие присутствие кофеина, и окончательный видовой состав оказался очень близок к тому, который исследователи ранее обнаружили на девяти других машинах (рис. 6).

Эксперименты валенсианских ученых впервые показали, что кофейновый налет на стенках стандартной кофе-машины представляет собой отличную питательную среду для многих видов бактерий, среди которых есть и патогенные. Поскольку микробное сообщество после мытья контейнеров восстанавливается очень быстро, мыть их нужно как можно чаще и с бактерицидными средствами. Но с другой стороны, в этом сообществе можно отыскать виды, способные разлагать кофеин. Проблема в том, что большинство пользователей кофе-машин эти поиски не интересуют. И поневоле задумаешься, не лучше ли варить кофе по старинке — в обычном кофейнике?

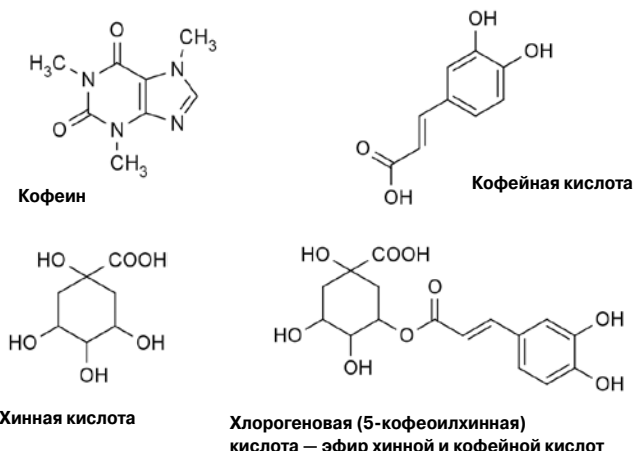
В мировом рейтинге популярности горячих напитков кофе прочно занимает второе место, уступая лишь чаю. Согласно данным Международной организации по кофе, жители Земли ежедневно выпивают 1,4 млрд. чашек. Вероятно, многие при этом сталкиваются с проблемой выбора, поскольку способов приготовления кофе великое множество. Однако все их можно разделить на две большие группы: заваривание в воде или пропускание через слой кофе небольшого количества горячей воды под давлением (эспрессо). В обоих случаях кофе используют обжаренный и молотый, и в дальнейшем, говоря о кофе, мы будем иметь в виду именно такой.

Самый распространенный и известный метод заваривания — кофе по-турецки. Его готовят, заливая молотый кофе холодной водой и доводя до кипения. Получается крепкий напиток с пеной на поверхности и осадком на дне. При другом способе заварка происходит в кофейном прессе: кофе на несколько минут заливают кипятком. Такой напиток достаточно крепок, и осадка в чашку попадает мало. Еще более слабый кофе, но совсем без осадка получается в капельной кофеварке. Кипящая вода просачивается сквозь кофе, насыпанный в контейнер, и собирается в емкости под ним.

При изготовлении эспрессо без специального агрегата не обойтись. Горячая вода пробивается через слой кофе под высоким давлением и очень быстро. Давление и температура воды, а также время, которое дается кофе для контакта с водой, в разных кофеварках разные.

От кофе мы ожидаем пользы и удовольствия. Удовольствие доставляют вкус и аромат, который создают сотни летучих соединений: альдегиды, кетоны, фураны, пиразины, пиридины, фенольные соединения, индолы, лактоны, эфиры и бензотиазины.

Некоторые летучие ароматные соединения — кофейная, хинная и хлорогеновые кислоты — изначально содержатся в кофейных семенах (рис. 1), другие же образуются в процессе обжаривания в результате реакции Майяра между аминокислотами и сахарами, деградации Стрекера (реакции α -аминокислот с карбонильным соединением, при которой образуются альдегиды или кетоны), разрушения липидов и взаимодействия между промежуточными



1
Биологически активные вещества кофе

Соединение	Вкус в заваренном кофе	Вкус в эспрессо
Метантиол	Капустный привкус	Свежий
Ацетальдегид	Фруктовый, пряный	Фруктовый вкус только в присутствии метантиола
Пропаналь	Фруктовый	
2-метилпропаналь	Солодовый	Не ощущается
2-метилбутаналь	Солодовый	Не ощущается
3-метилбутаналь	Солодовый	Дрожжевой
2,3-бутандион	Сливочное масло	Нет данных
2,3-пентандион	Сливочное масло	Нет данных
Пиразины	Жареный, землисто-затхлый	Древесный, жареный, Землисто-затхлый
Гваякол	Фенольный, горелый	Пряный



ЧТО МЫ ПЬЕМ

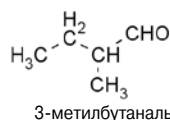
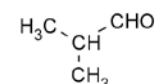
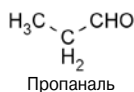
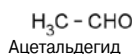
продуктами деградации. За более чем вековую историю исследований ученые составили довольно длинный список соответствия присутствующих в кофе летучих компонентов и вызываемых ими оттенков вкуса.

Когда обжаренный кофе сварят, в нем более отчетливо проявляются карамельные, маслянистые и фенольные нотки. Это происходит не за счет модификации компонентов, а благодаря изменению их концентрации. Горячая вода экстрагирует преимущественно полярные вещества: некоторые тиолы, пиразины, фураноны, дионы, ванилин и гваякол. Другие соединения переходят в раствор в меньших количествах.

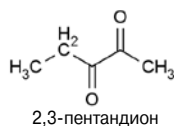
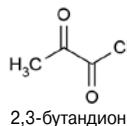
Серосодержащие соединения (тиолы)



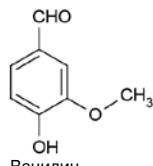
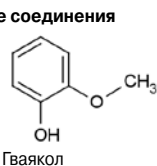
Альдегиды



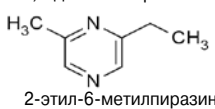
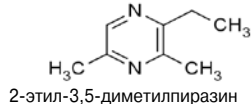
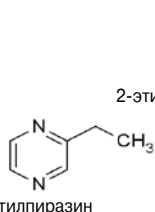
Дионы



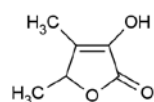
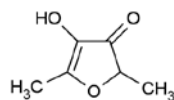
Фенольные соединения



Пиразины



Фураноны



2
Некоторые соединения, придающие кофе вкус и аромат

Вкусу и аромату молотого и заваренного кофе посвящено множество работ, исследований же вкуса и аромата эспрессо совсем немного. Задача осложняется тем, что работы на эту тему сложно сравнивать — слишком многое зависит от вида кофе (*Coffea arabica* или *C. canephora var. robusta*) и нюансов его заваривания. А эспрессо еще и образует обильную ароматную пену, которая влияет на вкус и запах напитка (рис. 2).

Специалистам удалось идентифицировать несколько летучих веществ, ответственных за определенный вкус, но не всегда тот, который они обеспечивают в заваренном кофе (см. таблицу)

Кроме того, вкус эспрессо зависит от режима работы кофе-машины. Итальянские исследователи из университета Камерино наблюдали за экстракцией летучих веществ, шесть из которых обеспечивают приятный вкус кофе, а четыре — неприятный. Кофеварки работали при температурах 88, 92 и 98°C и давлении 7, 9 и 11 бар. Оказалось, что при давлении 9 бар пахучие вещества извлекаются лучше всего вне зависимости от температуры. Температура 92°C обеспечивает хорошую экстракцию летучих веществ и наилучшее сочетание «вкусных» и «невкусных» летучих соединений (это выяснили с помощью хроматографии и квалифицированных дегустаторов). При сочетании температуры 98°C и давления 7 бар напиток получается невкусным, так что кофе-машину надо еще правильно настроить.

Кофе содержит множество полезных биоактивных соединений, в том числе токоферолы, дитерпены (кафестол и кавеол), витамины. Но, говоря о пользе этого напитка, мы прежде всего имеем в виду его бодрящее действие. Алкалоид кофеин (1,3,7-триметилксантин) стимулирует центральную нервную систему и прогоняет сон, однако некоторым может и навредить, особенно в больших концентрациях.

Другая группа биологически активных соединений, присутствующая в кофе в больших концентрациях, — семейство хлорогеновых кислот. Когда кофейные зерна обжаривают, хлорогеновая кислота — эфир кофейной и хинной кислот — разлагается на исходные соединения, придающие напитку горечь. Производные хлорогеновой кислоты — 3-О-кофеилхинная, 5-О-кофеилхинная

и 3,5-ди-О-кофеилхинная кислоты представляют собой природные фенольные соединения, обладающие антиоксидантным, гепатопротекторным, антибактериальным и другими полезными свойствами

Более того, по некоторым данным, производные хлорогеновой кислоты защищают от гибели нейроны головного мозга, поэтому могут быть полезны при нейродегенеративных заболеваниях (болезнь Альцгеймера и Паркинсона и ишемии).

Кофейные зерна содержат 10,9—16,5 мг/г кофеина и 5,26—17,1 мг/г хлорогеновых кислот. От способа приготовления зависит, какая часть этих соединений перейдет в напиток. На экстракцию влияют три главных фактора: время, температура и перемешивание. При заваривании вода дольше остается в контакте с кофе и лучше перемешивается с ним.

Что касается времени экстракции, его увеличение отрицательно сказывается на содержании хлорогеновых кислот в эспрессо. Оптимальным следует считать время не более 8 секунд. При заваривании кофе зависимость концентрации хлорогеновых кислот от времени — U-образная. Чтобы концентрация была максимальной, нужно заваривать либо 75 секунд, либо уже 300—375. Количественные исследования показали, что максимальные концентрации хлорогеновых кислот и кофеина, а также других летучих веществ в эспрессо выше, чем в заваренном кофе. При этом чашка заваренного кофе содержит больше биологически активных соединений, чем эспрессо, поскольку его обычно подают большими порциями.

И если взять кофе с известным содержанием биологически активных веществ, правильно выбрать способ приготовления и тщательно отмерить порцию, можно приблизительно рассчитать количество кофеина в чашке.

Литература

G. Caprioli, M. Cortese, G. Sagratini, S. Vittori. The influence of different types of preparation (espresso and brew) on coffee aroma and main bioactive constituents. «International Journal of Food Sciences and Nutrition», 2015, doi: 10.3109/09637486.2015.1064871

Н.Л.Резник



МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

Телетальная война



Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

В истории деятельности Игнобелевского комитета было несколько случаев, когда премию мира давали за то, что можно назвать «работы по созданию нелетального оружия». Вот, например, премию 2000 года присудили Британскому военно-морскому флоту. В том году офицеры флота на одном из кораблей из-за сокращения бюджета придумали новый метод тренировки артиллеристов. Те выполняли все положенные телодвижения: открывали затвор пушки, помещали внутрь снаряд, наводили на цель. Но не стреляли, а в соответствующий момент громко кричали: «Бух!» Министр обороны оппозиционного кабинета тут же отметил, что при распространении подобной практики на сухопутные войска британская армия совсем утратит боеспособность. С другой стороны, это, несомненно, не только сэкономило флотские деньги, но и способствовало сохранению окружающей среды, которую не загрязняли ни пороховые газы, ни отходы производства неиспользованных боеприпасов. Заодно и сами артиллеристы учились понимать, что некоторые конфликты можно попытаться решить без реальной стрельбы. В общем, как советовал Александр I, — армии распустить, оставить личные гвардии монархов, и пусть они сражаются. Увы, другие великие державы на Венском конгрессе, где прозвучала такая радикальная инициатива, отнеслись к ней скептически.

Премия 2006 года получил инженер Ховард Стэплтон из Уэльса, который придумал устройство для отпугивания молодежи. Принцип действия такой же, как у отпугивателя собак, крыс или мышей, — излучение акустического сигнала, который слышит объект отпугивания, а хозяин прибора не слышит. Оказывается, молодые люди в возрасте от 13 до 20 лет воспринимают сигнал на частоте 17,5—18,5 кГц, недоступный для взрослых и малых детей. Устройство под названием «Москит» зудит подобно комару именно на этой частоте, вызывая у молодого человека беспокойство и раздражение. Спустя десять минут зудение становится столь неприятным, что шумная компания подростков предпочитает переместиться в другое место. Так без ругани и рукоприкладства, мирным путем разрешается конфликт между поколениями.

Правда, бывают и неприятности. Например, газета «Wells Online», отслеживающая историю этого изобретения, рассказывает, как внучек приехал в гости к бабушке с дедушкой и не смог жить в их доме, поскольку на стене соседнего дома был прикреплен отпугиватель подростков, облюбовавших лужайку для своих громких развлечений. Резко против выступили правозащитники: «Только представьте, что было бы, если бы придумали устройство, действующее на пред-



ставителей какой-то одной расы или пола, а тут речь идет о всех детях, независимо от того, хулиганят они или нет!» Возникшая дискуссия, впрочем, не помешала продать за два года 3,5 тысячи устройств по 500 фунтов за штуку.

В 2010 году Совет Европы призвал запретить «Москита», но британское правительство проявило самостоятельность и призыву не последовало. Правда, в некоторых городах запрет ввели. Инициатива Совета Европы увеличила объемы продаж на 50%, а число заказов — на 150%. Дальнейшему успеху помогло сокращение в 2011 году числа британских полицейских: подразделения полиции стали закупать «Москита», чтобы добиваться соблюдения права граждан на покой без использования постовых, так сказать, в автоматическом режиме. Нью-йоркские полицейские тоже весьма заинтересовались, правда любопытствовали, нельзя ли сделать устройство побольше и погромче. Между прочим, «Москита» можно превратить и в приманивателя молодежи: в современных версиях, продающихся в США, предусмотрена трансляция музыки на неслышимой взрослыми частоте.

«Москит», судя по всему, — один из немногих удачных проектов по созданию акустического нелетального оружия. Сама же эта тема была и остается предметом серьезных спекуляций. Направленным звуковым сигналам приписыва-

ют и способность вызывать панику в толпе, и даже внушать мысли. Похоже, конец таким сплетням положили специалисты, которые служат в подразделении направленных энергетических биоэффектов Директората человеческой эффективности исследовательской лаборатории ВВС США (U.S. Air Force Research Laboratory, Human Effectiveness Directorate, Directed Energy Bioeffects Division). Как сообщается в подготовленной ими статье («Military Medicine», 2007, 172, 2, 182—189), опыты с ультра-, инфра- и просто громким звуком показали, что использовать звук для армейских нужд нереально — нет возможности осуществить достаточную концентрацию акустической энергии в большом объеме. «Москит» работает на расстоянии 20 метров и вряд ли сможет остановить или рассеять толпу демонстрантов с серьезными намерениями, — а именно они бывают и главной действующей силой в сценариях современных гибридных войн, и объектом применения нелетального оружия.

Вот как мотивируют необходимость такого оружия пока что не удостоенные внимания Игнобелевского комитета американские специалисты из Объединенного директората по нелетальному оружию, который сотрудничает с Министерством обороны США: «Со времен окончания холодной войны армия США участвовала во множестве операций. Такие комплексные операции неизбежно связаны с массовыми контактами с местными жителями, и порой конфронтация с ними приводила к росту насилия. Применение силы против мирных жителей может стать причиной локальных волнений, мешающих реконструкции общества, или же, благодаря глобализации, при широком распространении порочащей информации вообще поставить миссию на грань провала».

Нелетальное оружие помогает не доводить дело до крайностей. Например, в директорате разрабатывают тепловой рассеиватель толпы, очень похожий на любимый фантастами генератор защитного экрана: поставленное на вездеход «Хамви» устройство, генерирующее и фокусирующее луч энергии миллиметрового диапазона. Для генерации используются большая радиолампа и гелиевый криокомпрессор, обеспечивающий достаточное охлаждение для сверхпроводимости. В результате потери энергии при генерации луча составляют всего 50%. Энергию же обеспечивают дизельный генератор и аккумуляторы, также стоящие на вездеходе. Миллиметровое излучение очень быстро нагревает верхний — и только его — слой кожи, в котором расположены рецепторы, отвечающие за мгновенную реакцию на горячее. Получив от них сигнал, человек инстинктивно отклоняется, стремясь быстрее выйти из зоны действия луча.

Предполагается, что система будет работать так. Солдат стоит на посту. К нему приближается толпа — женщины, дети, несколько мужчин выкрикивают слова на неизвестном языке. Что с ними делать? Стрелять нельзя — люди не вооружены. Но вдруг среди них террорист-смертник? А может быть, они прорзят помощи? В любом случае надо остановить толпу на безопасном расстоянии, после чего можно вызвать офицера и начинать разбирательство. Для этого солдат со-





МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

общает о происшествии на центральный пост. Там операторы, разглядывая толпу, вычислят зачинщика и направляют на него тепловой луч. Со стороны видно, что человек, только что решительно шедший впереди, вдруг останавливается и пятится назад. Выйдя из зоны невидимого луча, он снова начинает движение к посту. И снова останавливается, а потом убегает. Участники шествия, потеряв вожака, скорее всего, остановятся. И никакие журналисты никогда не увидят, что было причиной. Это вам не слезоточивый газ, водометы, светозумовые гранаты, резиновые дубинки или травматические ружья-пистолеты (более традиционные виды нелетального оружия). Их сейчас считают устаревшими — радиус действия у них невелик, да и травмы они могут вызывать серьезные, а зачастую приводят и к смертельным исходам. Пистолеты с резиновыми пулями, которыми пользуются для индивидуальной защиты, только в РФ убивают около пятидесяти человек ежегодно. А вот электрошокеры, в том числе дистанционные, стреляющие «электрическими» пулями, гораздо менее опасны — одна смерть на 3800 случаев применения. Принцип действия электрического оружия основан на том, что электроимпульс высокого напряжения, но слабого тока вызывает временный паралич мышц, а это позволяет обезвредить правонарушителя.

Как отмечают отечественные специалисты, например инициатор начала исследований по проблеме, член Европейской рабочей группы по нелетальному оружию, доктор технических наук В.В.Селиванов (МГТУ им. Н.Э.Баумана), оружие, которое не убивает, люди применяют издавна. Первыми его образцами были арканы и ловчие сети. Но возможно, самая эффективная его разновидность — организационное, когда с помощью экономических санкций либо правильно подготовленной и распространенной информации удается поменять политический режим в странах-противниках («Военно-медицинский журнал», 2004,



Так выглядит устройство для рассеивания толпы тепловым лучом



Два наконечника, вылетев из электрошокера, попадают в тело жертвы, после чего по проводам проходит импульс электричества

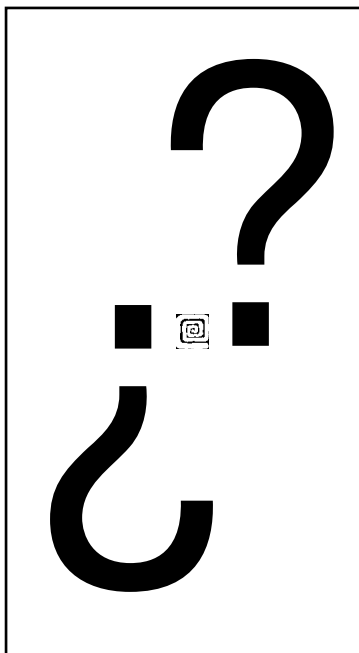
325 5, 4—10.). Практически бескровно добиваться главных целей любой войны: превратить враждебное государство в дружеское либо установить контроль над его экономикой и политикой.

Не нужно думать, будто такое нелетальное оружие — изобретение современности. Листая древние тексты, не так уж трудно наткнуться и на идеи создания того, что ныне называют агентурой влияния и цветные революции. Вот фразы из доклада сановника двора Ван Пу императору династии Чжоу Ши-цзуну (X век нашей эры): «Если люди противной стороны увидят, что мы обладаем силой, которая непременно их сокрушит, тогда те, кто разбирается в обстановке, пожелают стать нашими осведомителями, те, кто знает местность, пожелают стать нашими проводниками... Раз мы получим Цзянбэй, тогда с помощью народа вражеской страны и осуществляя нашу тактику Цзяннань тоже будет легко взята. Овладев же районом Цзяннани, области Линнань и Башу можно будет привести к повиновению манифестом... И только Хэдун наш, безусловно, смертельный враг. Его не возьмешь ни милостью, ни доверием, ни посулами...» Интересно, что и обоснование операции звучит вполне по-современному. «...Передай своему государю, что его алчность принесла страдания народу, а заблуждения сделали негодным правление, — я караю его, лишь выполняя волю Неба...» — из ответа Ши-цзуна владельцу Шу, запросившего мирных переговоров.

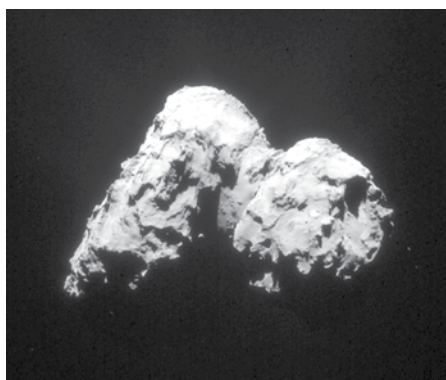
У древних китайцев был и такой специфический вид оружия, как царевны. Работало оно следующим образом. Князю какого-нибудь враждебного северного племени предлагали породниться. Он, польщенный предложением императора, легко соглашался. Вместе с невестой прибывала положенная дочери императора свита, в том числе люди, которых сегодня называют экономическими и политическими советниками. Пока отец развлекался охотой и ратными подвигами, детей воспитывала жена, и они вырастали китайцами. В положенный срок такой полукитайский княжич получал престол либо естественным путем, либо при перевороте, организованном китайскими советниками. Первый советник посольства, он же воспитатель княжича, становился первым министром и зачастую — наместником императора. Враждебное племя на долгие годы было нейтрализовано практически без кровопролития.

Как видно, Игнобелевский комитет, затрагивая тему нелетального оружия, как это свойственно ему, обращается к основам мироздания, поднимает проблему, которая волнует человечество на протяжении веков, и показывает новые пути ее решения.





ВОПРОСЫ—ОТВЕТЫ



Из чего состоит комета?

Как возникла жизнь на Земле? Могли ли ее занести на нашу планету кометы? Да и как вообще появилась жизнь во Вселенной? Эти вопросы не оставляют в покое ученых и конечно же — химиков, которые не оставляют попыток добраться до кометного вещества.

В 2014 году зонд «Розетта» (Rosetta) Европейского космического агентства встал на орбиту кометы Чурюмова — Герасименко на высоте 20—30 км от ее поверхности. Эту комету со странной формой — не то пробка от шампанского, не то покореженные гантели — и возрастом 4,5 миллиарда лет (почти как у Земли) открыли в 1969 году советские астрономы Клим Чурюмов и Светлана Герасименко. Она вращается вокруг Солнца, пересекая орбиты Марса и Юпитера.

Двенадцатого ноября 2014 года спускаемый модуль «Филы» (Philae) отстыковался от «Розетты» и сел на ядро

Что интересного и значимого произошло в химии в 2015 году?

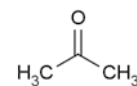
Закономерный вопрос в начале нового года, когда невольно оглядываешься назад и подводишь итоги. Прошедший год, как, впрочем, и предыдущие, был богат химическими событиями. Мы хотим еще раз напомнить вам несколько замечательных научных историй, о которых стоит рассказать в школе, в университете, которые можно обсудить в компании и за чашкой чая на кухне.

кометы, чтобы в буквальном смысле ее пощупать («Химия и жизнь», 2014, 12). Правда, посадка получилась неудачной — модуль отскочил от запланированной для посадки площадки и прикометился в другом месте, неудачном, поскольку это теневая область и не хватает света, чтобы подзарядить солнечные элементы. Тем не менее даже этого короткого контакта (до отскока) было достаточно, чтобы приборы, установленные на модуле, ухватили кометные вещества и принялись их анализировать, передавая данные на Землю.

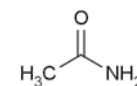
Впервые в истории спускаемый аппарат сел на комету. Но это событие 2014 года. В прошлом же году экспедиция «Розетта» отметилась летом несколькими статьями в журнале «Science», в которых ученые сообщили результаты исследования кометного вещества («Science», 2015, 349, 6247, Goesmann et al, doi: 10.1126/science.aab0689; Wright et al, doi: 10.1126/science.aab0673).

Спускаемый модуль «Филы» был оснащен двумя уникальными аналитическими системами. Внизу аппарата располагалась система COSAC (Cometary Sampling and Composition experiment) — времяпролетный масс-спектрометр, предназначенный для анализа сложных органических веществ. В верхней части аппарата находилась система «Птолемей» (Ptolemy) с масс-спектрометром с ионной ловушкой. Его задача — измерять изотопный состав легких элементов.

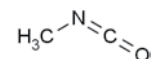
«Филы» ударился и отскочил от поверхности. Однако этого удара было достаточно, чтобы кометное вещество поднялось на высоту 150 метров. Пробоотборники, втягивающие пробы «воздуха» и грунта с интервалом в несколько секунд, подобно человеческому носу, все-таки собрали урожай. Анализаторы обнаружили в пробах 16 органических соединений, половина из них содержат азот, но немного, серосодержащих соединений нет вообще. Оказалось, что в ядре кометы присутствуют четыре органических соединения, которые раньше в кометах не находили:



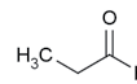
Ацетон



Ацетамид



Метилизоцианат



Пропаналь

Система «Птолемей» обнаружила также намеки на полиоксиметилен — полимер, который образуется из формальдегида при воздействии космической радиации. А то, что формальдегид есть на кометах, и в приличных количествах, мы знаем уже с 1986 года благодаря зонду Европейского космического агентства «Джотто». Тогда он ближе всех подобрался к комете Галлея (всего на 605 километров) и открыл многие тайны кометного вещества.

Наконец, масс-спектрометр Rosina-DFMS, установленный на зонде «Rosetta», обнюхал комету с большого расстояния. Спектр ароматов, исходящих от газовой оболочки кометы, потряс исследователей. Тут вам и сероводород, и аммиак, и спирт, и формальдегид, и метан, и сероуглерод... Словом, тухлые яйца, конюшня и морг...

Однако самая важная находка — молекулярный кислород. Вокруг комет он обнаружен впервые («Nature», 2015, 526, 678—681, 2015, doi: 10.1038/nature15707).

К сожалению, «Филы» дал возможность проанализировать очень малые количества кометного вещества. Но уже понятно, что на кометах есть органика, в том числе компоненты, из которых была сконструирована земная жизнь.



Новый природный антибиотик теиксобактин

Год назад, в январе 2015-го, американские исследователи из Северо-Восточного университета в Бостоне объявили, что открыли новый природный и очень мощный антибиотик — теиксобактин («Nature», 2015, 517, 455—459, doi: 10.1038/nature14098, «Химия и жизнь», 2015, 2). Казалось бы, что здесь такого особенного? Антибиотиков полно, стоит заглянуть в аптеку. Однако это событие действительно необычное.

Во-первых, почти тридцать лет, начиная с 1987 года, химики не радовали общество новыми природными антибиотиками (только синтетическими!), хотя потребность в них огромна. Проблема в том, что бактерии приобретают устойчивость к антибиотикам и те перестают действовать на них. Поэтому создание новых препаратов, к которым бактерии не смогут быстро привыкнуть, — дело очень важное. И похоже, теиксобактин как раз из этой группы.

Однако главная особенность истории с новым антибиотиком кроется в том, как его получили. Микроорганизмы — самые распространенные живые существа на Земле. Их общая масса больше массы всех млекопитающих, включая

вырабатывают. Вот почему бактерии и грибы — потрясающий источник природных лекарств.

Однако есть проблема. Исследователям доступна лишь малая часть всех почвенных микроорганизмов, тех, что согласны размножаться в лабораторных условиях. За несколько десятков лет, пришедшихся на эру антибиотиков, исследователи выполнили практически исчерпывающий скрининг этой малой части. Остальные же 99% не растут в чашках Петри на питательной среде. Заслуга профессора Кима Льюиса и его команды заключается в том, что они открыли дверь в прежде закрытое и недоступное сообщество почвенных обитателей — создали технологию iChip, с помощью которой обнаружили теиксобактин.

Образец почвы хорошенько взбалтывают в большом количестве воды, чтобы микробные клетки分离лись и болтались в суспензии поодиночке. Затем эту суспензию клеток добавляют в агар-агар, а его, в свою очередь, заливают в iChip — пластиковую матрицу с множеством углублений и каналовцев, так, чтобы в каждом углублении оказалась по одной бактериальной клетке. Все это покрывают специальной мембраной, через которую питательные вещества беспрепятственно поступают к бактериям, а затем конструкцию закапывают в землю в стакане. Получается своего рода «подземный отель» для микробов, как прозвали его исследователи.

В этом случае несговорчивые бактерии начинают размножаться в контролируемых условиях и производить всяческие вещества, необходимые им для существования, в том числе и антимикробные. Остается только их выделить, идентифицировать и испытать. Понятно, что технология iChip сильно

расширяет возможности микробиологов, потому что предоставляет доступ к гораздо большему разнообразию бактерий — потенциальных источников новых лекарств.

Используя этот метод, команда Льюиса вырастила бактерии, которые прежде не выращивали в лаборатории, и выделила 25 новых веществ с антимикробными

свойствами, среди которых самым-самым оказался теиксобактин. Это вещество убивало бактерии стафилококка, устойчивые к известным антибиотикам, а также возбудителей туберкулеза, сибирской язвы и клостридий, вызывающих сильную диарею. Все они относятся к группе грамположительных бактерий.

Бактерию, продуцирующую теиксобактин, назвали *Eleftheria terrae* (*E.terrae*). Элефтерия относится к грамотрицательным бактериям, и против других грамотрицательных — например, кишечной палочки, сальмонеллы, хеликобактера — теиксобактин, к сожалению, не помогает. (Но, возможно, управа на них найдется у некультивируемых грамположительных бактерий?)

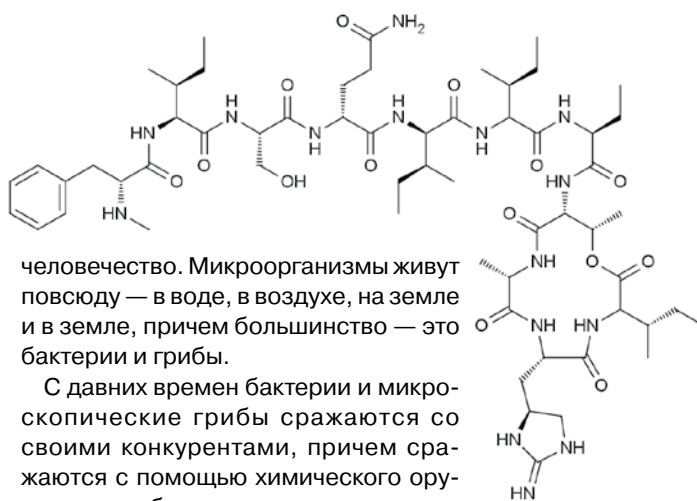
Исследователи из компании NovoBiotic Pharmaceuticals и Боннского университета выяснили, как новый антибиотик воздействует на бактерии. Теиксобактин оказался ингибитором клеточной стенки, то есть он мешает бактериям строить свою оболочку, в результате она не может размножаться.

Сейчас теиксобактин испытывают на животных. Он отлично показал себя на мышах, зараженных резистентным стафилококком, и если все пойдет по плану, то в 2017 году начнутся клинические испытания. Исследователи надеются, что грамположительные бактерии долго не сумеют приспособиться к новому антибиотику, — скажем, устойчивость к ванкомицину появилась лишь спустя 30 лет. Посмотрим.



Болеутоляющие препараты делают дрожжи

Самый совершенный химический заводик — это обычная живая клетка. Здесь все химические реакции катализируют ферменты — вещества, клеткой же и производимые. Поэтому химики все чаще прибегают к помощи микроорганизмов, чтобы синтезировать то или иное вещества.

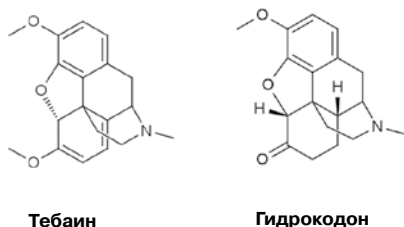


человечество. Микроорганизмы живут повсюду — в воде, в воздухе, на земле и в земле, причем большинство — это бактерии и грибы.

С давних времен бактерии и микроскопические грибы сражаются со своими конкурентами, причем сражаются с помощью химического оружия — антибиотиков, которые сами и

Профессор Кристина Смольке с коллегами по лаборатории из Стэнфордского университета сконструировала и создала штамм пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, который может превращать сахар в обезболивающее вещество гидрокодон («Science», 2015, DOI: 10.1126/science.aac9373).

Над созданием генетической конструкции, которую надо было встроить в дрожжи, Смольке с коллегами трудились десять лет, кропотливо собирая ее по кусочкам. Двадцать один ген из пяти разных организмов (растения, бактерии и животные) удалось внедрить в клетки дрожжей и заставить их производить нужные ферменты. Так появились дрожжи, которые могли перерабатывать сахар, превращая его в тебаин или гидрокодон с помощью группы ферментов, работающих последовательно.



Обычно обезболивающее гидрокодон синтезируют из опиумного алкалоида тебаина. Этот традиционный путь долгий и сложный: вырастить опиумный мак, собрать, отвезти на завод, выделить из опиума алкалоид тебаин, синтезировать гидрокодон, очистить, сделать лекарственную форму... Модифицированные дрожжи справляются с этой сложнейшей работой за три — пять дней, не выходя из цеха. Это огромный успех.

Конечно, не все так гладко, как хотелось бы. Пока выход нужного вещества очень низкий: для получения 5 мг обезболивающего требуются тысячи литров суспензии генетически модифицированных дрожжей. Но это, что называется, дело техники. Десять лет назад никто не верил, что в принципе возможно создать такой штамм дрожжей. Однако его сделали. Теперь надо совершенствовать технологию и, возможно, генетическую конструкцию.

Профессор Смольке надеется, что за пару лет процесс можно оптимизировать настолько, что он станет экономически оправданным. И конечно же надо думать о том, как применить эту удивительную схему для синтеза других лекарств на растительной основе. В общем, куда двигаться — понятно.



Станен — кузен графена

Графен, очаровавший физиков и химиков в начале XXI века, сегодня стремительно обзаводится родней — двумерными материалами-решетками толщиной в один атом («Химия и жизнь», 2015, 10). Уже появились «графен» из кремния — силицен (2010), из фосфора — фосфорен (2014) и из германия — германен (2014). Наконец в августе 2015 года «Nature» объявил о создании станена — сетки из атомов олова толщиной в один атом. Эту структуру получили исследователи из нескольких университетов в Китае с помощью молекулярно-лучевой эпитаксии, то есть осаждением атомов олова из его паров на подложке из теллурида висмута («Nature», 2015, 524, 18, doi: 10.1038/nature.2015.18113).

Два года назад, в 2013-м, физики Стэнфордского университета предсказали, что станен будет примером топологического изолятора, в котором носители заряда (например, электроны) не могут путешествовать через центр материала, но могут свободно перемещаться по краям сетки, не сталкиваясь с другими электронами и атомами, как это происходит в большинстве материалов. Пленка из станена будет проводить электрический ток без потерь. Это означает, что устройство не будет разогреваться вообще.

Впрочем, первые эксперименты со станеном еще не подтвердили прогноз. Ученые полагают, что, возможно, все дело в подложке и что надо поискать замену теллуриду свинца, на котором осаждают атомы олова в вакууме.



Почему натрий взрывается в воде?

Химиков по-прежнему волнуют вечные вопросы, включая вроде бы мелкие и ясные, давно вошедшие в школьные

учебники. Например — почему металлический натрий, как и другие щелочные металлы, взрывается в воде. Этот эксперимент учителя в школах, да и в университетах, всегда берегут как десерт, потому что кусочек металла, мчущийся в воде в сопровождении грома и пламени, впечатляет всех.

Все мы знаем, что происходит, поскольку это объясняют в школе. Металлический натрий взаимодействует с водой, образуется водород, который в присутствии кислорода воздуха стремительно окисляется — взрывается. Что же здесь непонятного?

Для профессора Павла Юнгвирта (Pavel Jungwirth), руководителя лаборатории в Институте органической химии и биохимии Чешской академии наук в Праге, здесь не все было ясно. При реакции щелочного металла с водой получается водород, а также пары воды, поскольку металл сильно разогревается. Образующаяся газопаровая подушка должна изолировать металл от поверхности воды, и реакция должна неизбежно затухать. Но не затухает, как всем известно.

Чешские химики поставили эксперимент («Химия и жизнь», 2015, 3). В воду помещали каплю сплава Na-K, все происходящее снимали на высокоскоростную камеру (10 000 кадров в секунду), а затем просматривали с замедлением в 400 раз. В результате удалось разглядеть, как капля металла, попав в воду и начав взаимодействовать с ней, обрастает множеством металлических отростков и становится похожей на морского ежа. Почему это происходит?

Учитель химии в школе объясняет ученикам, что щелочной металл, попав в воду, начинает стремительно отдавать ей электроны. Правда, учитель не уточняет, что металл становится положительно заряженным. А это — ключ к пониманию происходящего. Положительные заряды внутри металла начинают отталкиваться, в результате капля металла выбрасывает отростки в разные стороны. Поверхность контакта металла с водой резко увеличивается, отростки прокалывают газопаровую подушку, и реакция не только не затухает, а усиливается («Nature Chemistry», 2015, 7, 250—254, doi: 10.1038/nchem.2161).

Авторы исследования постарались как можно шире распространить информацию и видео в Интернете, чтобы она дошла до учителей химии. Мы тоже решили внести свою лепту.

Подготовила **Л.Викторова**

О птичках, зеках и альтруизме

*В наш век искусственного меха
и нефтью пахнувшей икры
нет ничего дороже смеха,
любви, печали и игры.*

Игорь Губерман

Хлопнула входная дверь, из коридора донеслось:
— Зай, есть что пожрать?

«И тебе здравствуй, любимый», — мрачно подумала я, ставя на стол разносолы.

— Как матч?

— Да нормально, что-то выиграли, что-то проиграли, — донеслось сквозь шум воды из ванной. И уже на кухне, хватая недогретую котлету со сковородки: — Что хмурая такая?

— Миша, ты знаешь, кто такой Джон Мейнард Смит?

— Это же чувак, который применил теорию игр к эволюции?

— Именно! А это была моя идея, моя! Я подумала, что было бы здорово описать некоторые эволюционные процессы с помощью этого математического аппарата, уже придумала кое-что, лезу в гугл, и тут, здравствуйте, приехали! «Эволюционная теория игр», Джон М. Смит, тысяча девятьсот пятьдесят восьмой год. Задолго до моего рождения — он просто не дал мне шанса.

— Прямо как с твоей идеей перевести нуклеотидную последовательность в музыку, — засмеялся он.

— Ну, это хотя бы при моей жизни сделали.

Миша стал щелкать пультом, а я задумалась о своей непростой судьбе. Что же делать, если то, что ты придумал, уже претворил в жизнь кто-то другой? Остается лишь изучать, смаковать, любоваться, как картинами Клода Моне или «Лунной сонатой», и, если повезет и хватит мозгов, добавить что-то свое...

«Игрой» в математике называют процесс, в котором участники пытаются реализовать свои цели, частично или полностью противоречащие друг другу. Это не только покер, волейбол или GTA — игры в привычном нашем понимании — но и гонка вооружений, налогообложение, биржа, семейная жизнь. В каждом отдельном случае участник выбирает свою стратегию — бороться до полного выигрыша/проигрыша или кооперироваться, уступить в чем-то другим игрокам; рискнуть и поверить кому-то или полагаться только на себя; вкладываться в общее благо в надежде, что все вернется сторицей, или эгоистично преследовать лишь свои цели. Эти стратегии и изучает теория игр. При этом важно понимать, что в математической модели, как и в жизни, может и не быть единственно верного решения задачи.

Начало современной теории игр положил венгеро-американский математик Джон фон Нейман, опубликовав в 1944 году книгу «Теория игр и экономическое поведение». Ее стали применять в экономике, социологии, политологии; позже, после публикации работ моего любимого Джона Мейнарда Смита, этот метод пустили в ход и биологи. Одной эволюци-

ей дело здесь не ограничилось, метод помог найти ответы и на некоторые философские вопросы. К примеру, всегда ли альтруизм — благо, а эгоизм — зло или, как рыба-клоун, додумалась жить среди щупалец хищной актинии.

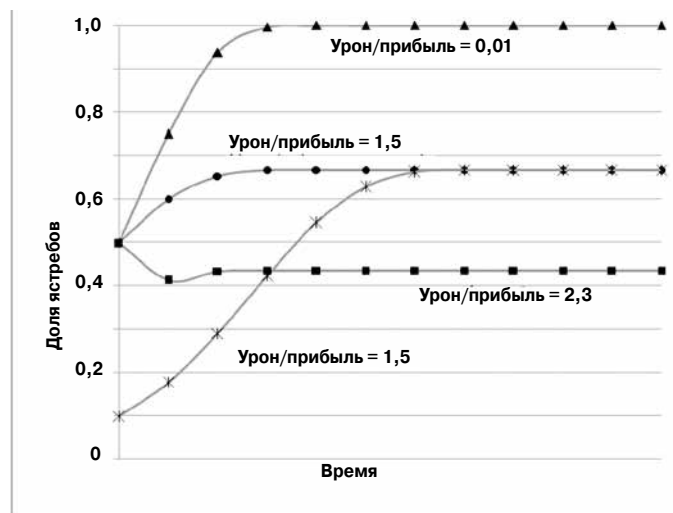
Эволюционную теорию игр можно проиллюстрировать примером игры «ястреб и голубка». Названия птиц следует воспринимать образно, они всего лишь символизируют агрессивную (ястреб) и пассивную (голубка) стратегии, хотя на самом деле голуби — те еще драчуны. Представим себе, что за некий ресурс борются два игрока. При этом:

— голубка с ястребом не дерется, она сразу улетает, ему достается вся добыча;

— две голубки миролюбиво делят ресурс пополам;

— два ястреба вступают в битву за ресурс; выигравшему он достается целиком, проигравший получает ранения или умирает.

Пусть мы можем численно оценить «прибыль» от ресурса и «урон», получаемый проигравшим ястребом, — в итоге и то и другое скажется на количестве потомков игрока. Тогда чем меньше величина урона и больше — прибыли, тем выгоднее быть ястребом и тем больше их будет в сообществе. Хорошо быть ястребом, окруженным одними голубками, ведь он никогда не несет урона и всегда получает прибыль, но чем больше ястребов в популяции, тем выше риск нарваться на другого ястреба. Когда происходит множество игр между разными игроками, соотношение между количествами игроков, использующих разные стратегии, постепенно выравнивается. На графике показано, как при одинаковом начальном значении доля ястребов со временем изменяется и в результате выходит на плато, причем его высота зависит от соотношения урон/прибыль; если же мы уменьшим или увеличим начальную долю ястребов, не меняя при этом урон/прибыль, график выйдет на то же самое плато, просто немного позже.



Изменение доли ястребов в сообществе ястребы-голубы со временем

Так что в зависимости от величин ресурса и возможного урона будут выгодны разные стратегии, но каждая из них имеет право на существование. В живых сообществах самцы намного чаще, чем самки, выбирают агрессивную стратегию (вот я точно не пойду заниматься регби и уж точно-точно не стану ломать там себе глазницу, как Миша). Оно и понятно — один самец может (почти) одновременно оплодотворить многих самок, а если он погибнет в праведной битве, то его дело с удовольствием продолжит его товарищ; самке же требуется намного больше времени и ресурсов на одного детеныша, так что женскими особями рисковать не стоит.

...Плавать одинокой, беззащитной клеткой, забирая всю еду себе, или образовать колонию? Собирать прайд и широко распространять свои гены, рискуя при этом быть убитым завыстниками, или выбрать стойкие и более безопасные моногамные отношения? Каждый вид, а иногда и каждая особь выбирает свой путь.

«Дилемма заключенных» — одна из самых известных игр (возможно, благодаря тяжести морального выбора, предложенного игрокам). Суть ее в том, что двух подельников допрашивают по отдельности и у каждого есть два варианта поведения — сдать себя и товарища, тем самым скотив себе срок за сотрудничество с полицией, или молчать до последнего. Если оба молчат, то получают всего по два года тюрьмы (числа могут варьироваться, суть игры от этого не меняется). Если оба сознаются, то оба получают по пять лет. Если же один сознался, а другой — нет, то покаявшегося с миром отпускают на свободу, зато его товарищ получает по полной — десять лет тюрьмы. Наглядно игру можно представить в виде таблицы, где показаны четыре варианта исхода событий и меры наказания для обоих заключенных.

		Второй	
		Не сознался	Сознался
Первый	Не сознался	-2; -2	-10; 0
	Сознался	0; -10	-5; -5

Оптимум по Парето (стрелка на (-2; -2))
Равновесие по Нэшу (стрелка на (-5; -5))

Пару стратегий и соответствующий исход игры называют оптимальными по Парето, если не существует другого исхода игры, который увеличил бы выигрыш одного из игроков, при этом не уменьшая выигрыш другого. В дилемме заключенных этот оптимум достигается, когда оба не сознаются в содеянном. Действительно, в трех остальных случаях хотя бы один из игроков получит больший срок. Если все будут себя так вести — заботиться о других так же, как о себе, и безгранично друг другу доверять — то когда-нибудь наступит коммунизм. Только вот вряд ли это случится. Оптимальность по Парето — очень хрупкое равновесие, ибо любое отклонение от него будет выгодно «отступнику» и фатально для того, кто остался верен своим принципам. Слишком велик соблазн отклониться, кто-нибудь да поддастся ему.

Равновесие по Нэшу — это такие стратегии и исход игры, при котором ни один из игроков не может улучшить своего положения путем единоличной смены решения. Чтобы достигнуть этого равновесия, оба товарища должны сознаться; при условии, что один уже сознался, второму точно невыгодно держать язык за зубами. Такое вот аморальное равновесие.

Если вернуться к предыдущей игре, то оптимум по Парето в ней — всем стать голубками, чтобы никто не причинял другому ущерба. А равновесие по Нэшу — это то, что происходит на самом деле: в сообществе всегда присутствует некоторое количество ястребов, которое остается на постоянном уровне, если внешние условия не меняются.



— Миша, а будь ты одним из заключенных из той дилеммы, какую бы стратегию выбрал?

Он оторвал взгляд от Джеки Чана на экране и удивленно на меня посмотрел:

— Ну, это же от второго заключенного зависит. Если это Ржавый или Зеленый, то не выдал бы, конечно. А если это... ну даже не знаю... например, твой любимый начальник, которому ты все мечтаешь ногти плоскогубцами повыдирать, — тут бы выдал.

«А если это я?» — мелькнул в голове вопрос, но так и остался произнесенным, а Миша вновь уставился в экран, дожидая последнюю котлету.

Живые организмы, взаимодействуя друг с другом, чаще всего приходят к равновесию по Нэшу. При этом, конечно, никто, кроме людей, не высчитывает риски и выгоды; просто тех игроков, которые «плохо» играют, отсекает безжалостный естественный отбор.

Например, рыба-клоун прячется в ядовитых щупальцах актинии от врагов, при этом поедая остатки всякой дряни, застрявшие в хозяйке, и вентилируя ей воду. Если актиния вдруг психанет и съест своего жильца, то будет грязная и непроветренная гниль в одиночестве. Если рыба-клоун уплывет далеко, то ее атакуют хищники. То есть любое отклонение от стратегии ведет к ухудшению положения отклонившегося. Вот мы и получаем равновесие по Нэшу — собственно, как и во многих других примерах симбиоза. В биологии это называется эволюционно стабильной стратегией.

Важно понимать, что равновесие достигается благодаря множеству попыток — случайных и зачастую глупых. Наверняка какая-нибудь прото-рыба-клоун строго-настроено запрещала своим маленьким внукам лазать в заросли актиний, но некоторые ее не слушались и расплачивались за это жизнью. Однако один из непослушных оказался к тому же еще и мутантом и научился выделять слизь, по составу соответствующую слизи актинии, поэтому она приняла его за своего и не трогала. Этим он не только приобрел защитника, но и пришел к эволюционно стабильной стратегии, передав ее своим потомкам, а его послушные братья жили в худших условиях, медленнее размножались и постепенно ушли в мир иной. Так что слушаться бабушек, конечно, нужно, но и свою голову отключать не стоит.

Я посмотрела на Мишу, который взялся сам помыть посуду, и решила, что с некоторыми человеческими особями все же возможно находиться в оптимуме по Парето. Потом я задумалась об альтруизме, но это уже совсем другая история.

Продолжение следует.

С.Рубина

От медицины для всех — к медицине для каждого



Художник В. Камаев

А.В.Баранова

Преимущества персонализированного подхода к ведению больных очевидны. Более того, философия персонализированной медицины как взаимодействия между двумя людьми — пациентом и доктором — не нова. Именно в этой форме медицина существовала с момента зарождения врачевания. Теперь, на новом уровне развития наук о жизни и методов исследования, медицина, не отказываясь от работы с большими группами пациентов, снова становится персонализированной: способной видеть за «типичными и нетипичными случаями» реальных пациентов во всем их многообразии.



В результате двух последних научных прорывов — геномного и постгеномного — сначала была определена полная последовательность генома человека, а потом описаны генные варианты, различающиеся по частоте у народов мира. Развитие методов секвенирования нового поколения (Next Generation Sequencing — NGS) и других постгеномных технологий, в том числе полногеномного исследования ассоциаций (GWAS), позволило выявить редкие генные варианты, вносящие значительный вклад в риск развития многих хронических заболеваний.

Дорогие методы исследования, которые не так давно применяли отдельные коллективы, занимающиеся фундаментальной наукой, подешевели и стали доступными для внедрения в клинику. Например, онкологи получили возможность узнать об онкогенных мутациях в опухоли конкретного больного

по результатам анализа внеклеточной фракции ДНК, выделенной из плазмы, а врачи-генетики — направить больного на анализ всех кодирующих участков (экзонов) его генома.

Казалось, что череда научных прорывов должна привести к немедленному результату, который мы сможем почувствовать, посетив кабинет обычного участкового врача. К сожалению, этого пока не произошло по целому ряду причин, главная из которых — колоссальный разрыв между наукой и практической медициной.

Разрыв заключается вовсе не в невозможности масштабного применения персонализированных медицинских технологий и не в высокой стоимости сложного оборудования, а в том, что наука и медицина работают в принципиально разных системах координат. Ученые выявляют общие закономерности патогенеза, объединяющие больных

со сходными картинами заболевания в одну группу. Практикующий врач работает с индивидуальными случаями этого же заболевания.

«Традиционная» логика взаимодействия между врачами и учеными отражена в концепции доказательной медицины, в основе которой лежит оценка эффективности и безопасности методик диагностики, профилактики и лечения в клинических исследованиях. В рамках доказательной медицины качество доказательности оценивают по достоверности исследования. Относительная сила доказательств убывает в следующем порядке:

1. Метаанализ или систематический обзор рандомизированных клинических испытаний.
2. Рандомизированное контролируемое испытание.
3. Нерандомизированное испытание

Доказательная медицина: учим термины

Рандомизированным называется такое исследование, участников которого делят на группы (например, получающие два разных лекарства) случайным образом. Если группы не случайны — а иногда создание случайных групп просто невозможно, например, по этическим соображениям, — то различают одновременный и исторический контроль. Эти типы дизайна испытаний можно рассмотреть на примере группы больных с переломанными ногами. Некоторые из них непременно огорчатся, получив безоговорочное предписание оставаться закованными в гипс на протяжении трех-четырех месяцев. В этом случае испытание нового, непроверенного метода «ускоренного» сращивания берцовой кости может быть проведено в нерандомизированных группах путем простого сравнения результатов, полученных с применением новой технологии или же «традиционным» (контрольным) способом — всегда найдутся желающие получить лечение, проверенное временем. **«Одновременный контроль»** означает, что испытания проходят в клинике, где каждому больному дается право выбрать то или иное лечение (то есть набор больных в экспериментальную и контрольную группу происходит одновременно). **«Исторический контроль»** предполагает, что, предположим, с 1 сентября все вновь поступившие больные с переломанными ногами получают новое высокотехнологичное лечение. В такой ситуации анализ результатов испытаний проводят путем сравнения времени сращения перелома у всех больных, поступивших после 1 сентября, и группы больных, так или иначе получивших «традиционное» лечение.

Разница между **когортным исследованием** и дизайном **«случай-контроль»** заключается в том, что в первом случае выделенную группу людей (когорту) наблюдают в течение некоторого времени и отмечают те или иные исходы заболевания у испытуемых в разных подгруппах данной когорты, например, тех кто подвергся или не подвергся (или подвергся в разной степени) лечению исследуемым препаратом. В исследовании «случай-контроль» группу больных с определенным заболеванием или определенным исходом («случай») сравнивают с людьми из этой же популяции, не страдающими данным заболеванием, или у которых не наблюдался данный исход («контроль»).

«Перекрестный» дизайн подразумевает, что две группы больных получают одинаковое курсовое лечение, но с различной последовательностью (например, группа 1 получает аспирин, группа 2 — какой-нибудь другой препарат той же группы, а затем группа 1 и группа 2 «меняются» препаратами). Как правило, между курсами необходим некоторый период ожидания для того, чтобы показатели у пациентов вернулись к исходным, а также для того, чтобы исключить нежелательное влияние остаточных явлений предшествующего лечения на эффекты последующего. Поэтому «перекрестный» метод неприменим к многим типам клинических ситуаций, например к тем же переломам. Как правило, «перекрестные» модели обычно используют для изучения фармакокинетики и фармакодинамики, когда поставлена задача контроля вариабельности внутри популяции испытуемых.

с одновременным контролем.

4. Нерандомизированное испытание с историческим контролем.

5. Когортное исследование.

6. Исследование типа «случай-контроль».

7. Перекрестное испытание.

8. Результаты наблюдений над когортами больных.

9. Описание отдельных случаев.

Восемь наиболее весомых уровней доказательства опираются на одновременную работу с большой однородной группой больных с одинаковой патологией. Это позволяет получить статистически неоспоримые доказательства, что у большинства больных в данной группе определенный способ терапии привел к успеху. Сила данного подхода очевидна: доказательная медицина выявляет наиболее эффективные способы лечения для данной болезни. В течение последних двадцати лет методы доказательной медицины принесли ощутимые плоды, заметно подняв общий процент успеха в лечении многих острых и хронических патологий человека.

Однако в основной особенности доказательной медицины — работе с однородными группами больных — кроется ключевое ограничение: врач по сути занимается лечением средне-статистической популяции и надеется, что случай его пациента окажется типичным. Расчет делается на то, что особенности конкретного больного будут иметь меньшее значение, чем общее сходство клинической картины с течением заболевания у пациентов, принимавших участие в том или ином рандомизированном клиническом исследовании. Только принимая эти допущения, можно надеяться, что эффект от назначенного лечения будет сходен с эффектом, отмеченным в ходе клинического испытания. С этих позиций многие эксперты обозначают доказательную медицину как медицину, основанную на надеждах.

Итак, доказательная медицина работает с группами людей, а врачу приходится лечить конкретного больного. Организм человека — это сложная система, состоящая из многих миллионов типов органических молекул, организованных в клеточные структуры с многоуровневым контролем регуляции. Доказательная медицина предполагает наличие достаточно простой типологии этих живых систем, различающихся по типу отклонения системы от ее начального равновесного, или здорового состояния. Такая типология известна врачам как систематическое описание разновидностей заболеваний, действительно помогающее ориентироваться в многообразии возможных патологических состояний. Это означает, что

система нозологий — не что иное, как сетка координат. Как один больной отличается от другого с таким же заболеванием, так и здоровые люди несходны между собой. Различия накапливаются из-за разницы в стиле жизни, которая накладывается на множество полиморфных вариантов, обуславливающих разнообразие наших геномов.

Совокупности молекулярных различий между индивидами, хорошо знакомые каждому врачу, учитывает персонализированная медицина. В отличие от медицины доказательной, основанной на надежде, на (математическом) ожидании в как можно более крупных выборках больных, персонализированная медицина основана на доказательствах, полученных в значительно более узких выборках людей — выборках со сходными генотипами или другими четко определенными критериями включения и исключения.

Таким образом, развитие современной медицины проделало полный круг, подчеркивая значение индивидуальных особенностей конкретного пациента на новом, более высоком уровне. Врачи, относящиеся к клинической практике как к «врачебному искусству», на интуитивном уровне всегда принимали во внимание эти особенности.

Персонализированная медицина не подменяет собой доказательную медицину, не отказывается от объединения пациентов в однородные группы. Персонализированная медицина предполагает дальнейшее дробление (стратификацию) этих групп, а соответственно, и нозологических координат — опираясь на основные особенности генома, био-

химических анализов или образа жизни (биомаркеры). При этом из большого числа возможных особенностей выбирают только те, что имеют прямое отношение к течению патологии или действию лекарственного препарата — функционально связаны с тем или другим. Как и в доказательной медицине, в персонализированной решении о применении профилактических, диагностических и лечебных мероприятий принимают на основе имеющихся доказательств их эффективности и безопасности, но относительный вес этих доказательств рассчитывается для конкретного пациента с учетом его индивидуальных особенностей. Таким образом, персонализированная медицина — не альтернатива доказательной, а надстройка над современным зданием, возведенная совместными усилиями ученых и клиницистов.

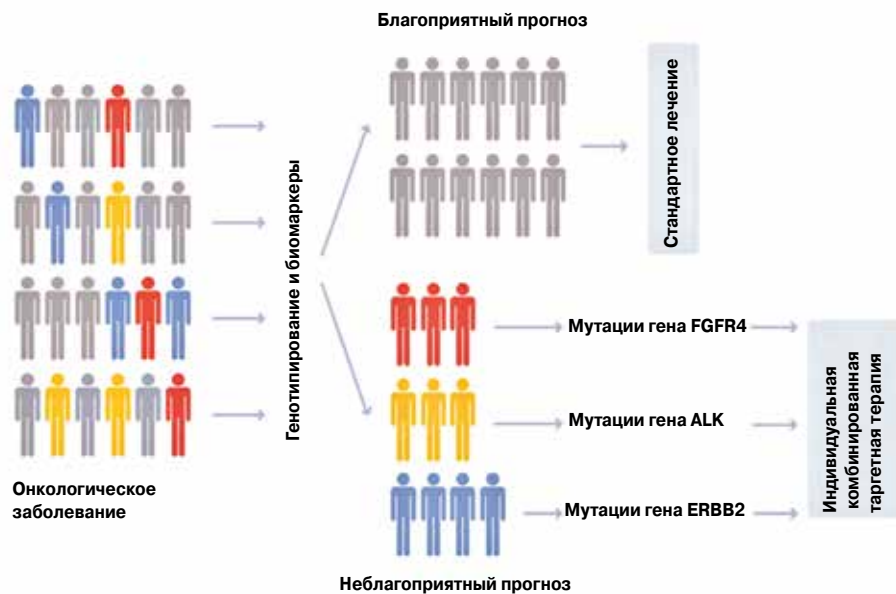
Давайте рассмотрим на нескольких гипотетических примерах, как эффективно работают вместе доказательная и персонализированная медицина.

Первый пример

Разработка нового лекарства, излечивающего рак прямой кишки

Фармацевтическая компания «Ягодка» в рамках доказательной медицины работает над созданием нового препарата «Мираклин», убивающего клетки рака прямой кишки. Потратив 200 млн долларов (поверьте, это весьма скромная цифра), компания «Ягодка» завершила доклиническую (50 млн долларов) и первую (150 млн долларов) фазы клинических испытаний и доказала относительную безопасность «Мираклина», который не вызвал опас-

1
Персонализация терапии онкологического заболевания (например, рака прямой кишки) на основании данных генотипирования и биомаркерного типирования



ных для жизни осложнений ни у одного из 30 больных с метастазами рака прямой кишки. Потратив еще 200 млн долларов, компания «Ягодка» начала вторую фазу испытаний «Мираклина», чтобы доказать его более высокую эффективность по сравнению с общепринятым методом лечения.

В ходе второй фазы 150 больных метастатическим раком прямой кишки получили новый препарат, а другие 150 больных — стандартное лечение. В первой группе средняя продолжительность жизни с начала курса терапии составила 155 ± 89 дней, во второй — 151 ± 20 дней. Статистически достоверных различий в эффективности «Мираклина» по сравнению со стандартным лечением выявлено не было. Более того, оказалось, что в группе, получившей «Мираклин», восемь больных умерли в первый месяц после начала лечения, в то время как при стандартном лечении в первый месяц погиб только один больной (вероятность ошибки $p < 0,001$, то есть «Мираклин» действительно повышает смертность). Таким образом, результаты второй фазы предоставили неоспоримые доказательства бесперспективности «Мираклина», а также возможной его опасности для больных, которая не была выявлена в первой фазе из-за недостаточно большой группы испытуемых.

Компания «Ягодка» пыталась спасти препарат, опубликовав дополнительный анализ, показавший, что 14 из 150 подвергнутых лечению «Мираклином» больных были живы спустя три года после завершения протокола, а в группе больных, получивших стандартное лечение, выявлен лишь один такой случай ($p < 0,00001$). Однако данные дополнительного анализа не убедили ни регуляторные органы, ни инвесторов. Дальнейшие исследования «Мираклина» были прекращены, компания «Ягодка» обанкротилась, а тысячи больных с метастазами карциномы прямой кишки продолжают проходить лечение стандартными методами.

Фармацевтическая компания «Буревестник» в рамках персонализированной медицины работает над созданием нового препарата «Милагрол», убивающего клетки рака прямой кишки. Обратите внимание: химическая структура препарата схожа со структурой «Мираклина». Компания «Буревестник» начала с более подробных доклинических исследований метаболизма «Милагрола» и мишени его действия, в том числе влияния вариантов генов, участвующих в метаболизме препарата, на его эффективную дозу, а также подробного ретроспективного анализа активности мишени в 500 образцах карциномы

прямой кишки (поэтому доклиническая фаза стоила компании «Буревестник» не 50, а 100 млн долларов). В результате доклинических исследований «Милагрола» стало понятно, что примерно 15% людей обладают так называемым «медленным» вариантом гена фермента, метаболизирующего новое лекарство. Эти люди накапливают «Милагрол» в здоровых тканях, что может привести к развитию токсического действия и к еще большему ослаблению организма. Именно люди с таким генным вариантом, без всякого отбора записанные в исследование «Ягодки», и пострадали от побочных эффектов препарата.

С другой стороны, оказалось, что примерно в 10% опухолей функционирование мишени для «Милагрола» критически необходимо для поддержания жизни злокачественных клеток (то есть препарат эти клетки наверняка убьет). Однако в 90% опухолей того же типа активированы другие, дополнительные сигнальные пути, способные поддерживать опухоль при отключении мишени «Милагрола». Таким образом, в случае большинства больных карциномой прямой кишки лечение «Милагролом» приведет примерно к такому же терапевтическому эффекту, как и стандартная схема химиотерапии, а у 10% будет достигнуто полное излечение опухоли.

Компания «Буревестник» построила первую фазу клинических испытаний следующим образом. По протоколу клинических испытаний первой фазы провели генотипирование всех потенциальных участников, и допущены были только обладатели стандартного генотипа, а больных с «медленным» вариантом гена сразу направили на стандартную терапию, менее опасную для их здоровья. Как и в случае «Мираклина» от компании «Ягодка», первая фаза испытаний «Милагрола» не выявила опасных для жизни побочных эффектов. Однако разница все же была. «Мираклин» проскочил первый этап клинических испытаний случайно, лишь потому, что группа больных, принимавших препарат, была относительно невелика (30 человек). Другими словами, компании «Ягодка» повезло, что у четырех-пяти больных с «медленным» вариантом метаболизирующего фермента токсические эффекты препарата не привели к печальному исходу и досрочному прекращению испытаний. «Буревестник» же исключил больных с «медленным» вариантом фермента из группы испытуемых, и поэтому прошел первую фазу испытаний «твердо», без скидки на случай.

В ходе второй фазы «Милагрол» был для начала испытан лишь в специальной группе больных — в нее вошли только



те, чьи опухоли критически зависели от мишени для «Милагрола». Да, таких больных было мало — лишь 10% от всех случаев карциномы кишечника, поэтому компания «Буревестник» не могла рассчитывать на сверхприбыли. Однако вторая фаза испытаний оказалась весьма успешной: средняя продолжительность жизни больных, пролеченных «Милагролом», составила 415 ± 57 дней, в то время как в контрольной группе, получавшей стандартную терапию, — 162 ± 23 дня. Различия были не просто достоверны статистически, а прямо-таки видны невооруженным глазом, поэтому прохождение препарата через дальнейшие фазы исследования было ускорено — ведь он продлевал жизнь больных с метастазами почти в три раза! Препарат «Милагрол» также успешно преодолел и третью фазу испытаний, а затем был одобрен, но только для весьма специфической группы больных — для тех, чьи опухоли зависят от функционирования мишени для «Милагрола», а геномы не содержат «медленного» варианта гена, метаболизирующего препарат.

Продавая «Милагрол» на протяжении двух следующих лет, компания «Буревестник» смогла заработать достаточно для проведения еще одной серии испытаний, которая доказала, что добавление низкой, более безопасной дозировки «Милагрола» к стандартной схеме химиотерапии позволяет продлить жизнь больных в среднем на 90 дней, что было достаточно для расширения показаний. Препарат «Милагрол» стал блокбастером, компания «Буревестник» — источником радости для ее акционеров, а главное — персонализированная стратификация больных помогла достичь значительного успеха в терапии метастатической карциномы прямой кишки.

Этот вымышленный пример не так уж далек от истины. Таргетные препараты (то есть избирательно воздействующие на определенную мишень внутри опухолевой клетки) уже одобрены для лечения многих злокачественных опухолей, в том числе рака молочной железы, кишечника, многих типов лим-



фом и лейкозов. Однако врач общего профиля в своей повседневной практике практически не сталкивается с таргетными препаратами для терапии опухолей. Работа с ними — удел узких специалистов, наблюдающих только одну группу больных, например, пациентов с карциномой молочной железы. Поэтому перейдем к другому примеру, более близкому практикующим врачам.

Второй пример.

Выбор стратегии для терапии гепатита С

Текущий стандарт лечения гепатита С в России — сочетание пегилированного интерферона (это интерферон с пришитой к нему молекулой ПЭГ — полиэтиленгликоля; такая добавка увеличивает продолжительность действия лекарства) и рибавирина. К сожалению, данный вид терапии часто сопровождается неблагоприятными побочными явлениями, а излечивает примерно половину больных, зараженных вирусом с генотипом 1 (именно такой вирус вызывает большинство инфекций в России). Иными словами, каждый второй больной проходит длительный курс тяжелой терапии лишь для того, чтобы выяснить, что усилила, время и деньги были потрачены зря.

В рекомендациях для практикующего врача есть раздел, посвященный так называемой тройной терапии вирусного гепатита С: пегилированные интерфероны плюс рибавирин плюс третий препарат (ингибитор протеазы). Такая комбинация намного более эффективна — она способна помочь примерно 90% больных, зараженных вирусом с генотипом 1. Ингибиторы протеазы — это препараты, напрямую воздействующие на вирус гепатита С. Некоторые из них уже зарегистрированы в России, однако не входят в «Перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов» и в «Постановление о финансировании закупок препаратов для лечения ВИЧ и гепатитов В и С». Соответственно, цена на них не регулируется, а их доступность для пациентов крайне ограничена. По данным портала государственных закупок, их стоимость

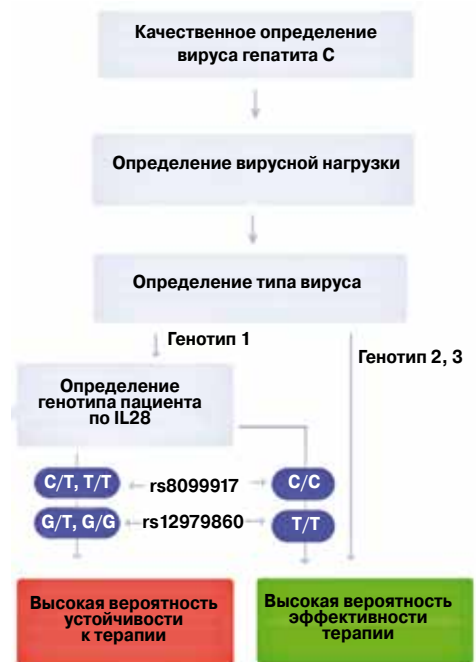
за курс лечения может достигать 2 млн рублей.

К счастью, во многих случаях проблему можно решить с помощью персонализированного подхода. Оказалось, что эффект от лечения «простой» комбинацией пегилированного интерферона и рибавирина зависит от генотипа больного. Успех лечения во многом обусловлен полиморфизмом в гене IL28B, который определяет активность близлежащего гена, кодирующего интерферон лямбда 4. Пациенты, имеющие обычные аллели гена IL28B, с гораздо большей вероятностью выздоравливают после двухкомпонентной (стандартной) терапии, чем лица с достаточно часто встречающимся активным вариантом этого гена (17% европейской популяции).

Таким образом, генотип больного — важнейший фактор для принятия решения. Больные с обычными копиями гена IL28B могут начать с «простой» комбинации лекарственных средств, субсидируемой государством, а пациентам с дополнительной активностью этого генного локуса придется искать средства на оплату дорогого препарата нового поколения. Важно отметить, что определение вариантов гена IL28B уже сейчас проводится в России, стоит в пределах тысячи рублей, а значит, вполне доступно. Следовательно, применение подходов персонализированной медицины позволяет врачу и больному принять совместное взвешенное решение о стратегии лечения заболевания.

Пример с лечением гепатита С хорошо иллюстрирует концепцию медицины будущего, которую в 2008 году предложил известный ученый, президент Института системной биологии в Сиэтле Лерой Худ (Leroy Hood). Эта концепция основана на принципах 4П, наиболее ярко отображающих изменения в подходах к ведению пациентов за последние несколько лет.

Согласно концепции 4П, медицина должна стать: **предиктивной** (то есть предсказательной); **профилактической**; **партисипативной** (требующей активного участия пациента), и наконец, **персонализированной**. Концепция уже претворяется в жизнь,



2

Схема оценки прогноза лечения вирусного гепатита С на основании данных генотипирования вируса и пациента (rs12979860 и rs8099917 — названия полиморфных участков генома, важных для прогноза)

в значительной степени благодаря заметному повышению интереса людей к мониторингу собственного здоровья. Этот интерес — основной движитель постепенного изменения существующей клинической практики.

Подробнее о концепции 4П, о том, какие результаты она дает сейчас и, возможно, даст в будущем, мы расскажем в следующем номере.

Автор благодарит за помощь в работе над статьей доктора биологических наук, члена-корреспондента РАН, директора Института биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича **А.В. Лисицу**; доктора медицинских наук, профессора, заведующего кафедрой клинической фармакологии и терапии Российской медицинской академии послепломного образования **Д.А. Сычева**; кандидата медицинских наук, руководителя центра ДНК-диагностики ООО «Офтальмик» **М.Е. Иванову**.



«Волшебная пуля» Гая Генри Фаже

С.А.Ястребов

Ничто в мире не может противостоять объединенным усилиям достаточно большого числа организованных умов.

Пьер Тейяр де Шарден

В замечательной книге американского писателя Поля де Крайфа «Охотники за микробами» есть глава под названием «Волшебная пуля». Там рассказывается о работе Пауля Эрлиха — гениального немецкого ученого, биохимика, физиолога и микробиолога, одним из достижений которого было создание лекарства от сифилиса. В придачу к другим своим достоинствам Эрлих был еще и великолепным химиком-органиком. После многих попыток он сумел синтезировать вещество, которое убивало вызывающую сифилис бледную спирохету и только ее. Это лекарство — сальварсан — открыло в медицине эру химиотерапии.

Работа Эрлиха наглядно продемонстрировала чисто практическое могущество биохимии и молекулярной биологии (хотя до появления последнего термина оставалось еще полвека). Умея манипулировать молекулярными структурами, можно создать «волшебную пулю», прицельно поражающую на клеточном либо субклеточном уровне почти любого вредного для нас микроба. Как раз успех в борьбе с сифилисом тут был очень впечатляющим: ведь до изобретения сальварсана эта тяжелая хроническая болезнь не излечивалась никакими лекарствами. Именно от сифилиса погибли такие великие люди, как Мопассан и (предположительно) Ницше. Первый умер в 1893 году, второй в 1900-м. Еще несколько лет, и «волшебная пуля» Эрлиха могла бы их спасти: сальварсан был синтезирован в 1907 году и появился в продаже в 1910-м.

Упомянутая книга Поля де Крайфа (эта голландская фамилия произносится именно так, а не «де Крюи») вышла в 1926 году. Насколько эта книга хороша, видно из того факта, что она регулярно переиздается и сейчас, спустя 80 лет, — редчайший случай для научно-популярной литературы! Но



Гай Генри Фаже

<https://hnm.nlm.nih.gov/>

понятно, что де Крайф при всем желании не мог рассказать о тех открытиях, которые на момент его работы еще не были сделаны. Да и вообще, нельзя объять необъятное.

Между тем «борьба за жизнь» (так де Крайф назвал еще одну свою книгу) в XX веке всю продолжалась. Были совсем или почти побеждены такие опасные болезни, как чума, оспа, полиомиелит. Современные медики в союзе с биологами довольно быстро научились лечить СПИД, пусть (пока) и не добиваясь полного выздоровления, но устраняя опасность для жизни. Список подобных достижений можно легко продолжить. Важно только не забывать, что за любым из них стоят люди — со своими биографиями и характерами, часто вовсе не знаменитые, бескорыстно отдававшие много лет самой обыкновенной кропотливой работе.

Вот одним из таких людей и был Гай Генри Фаже. Его главная статья вышла в свет в ноябре 1943 года — неудивительно, что эффект от нее затерялся в грохоте происходивших тогда великих сражений. Между тем открытие, которое сделал Фаже, без преувеличения спасло много миллионов человеческих жизней. Он научился лечить проказу — страшную болезнь, которая тысячелетиями воспринималась как пожизненный приговор для всех пораженных ею.

«Расскажи мне про Луизиану...»

Гай Генри Фаже — обычный американский врач родом из Нового Орлеана. Корни его семьи — французские, как и фамилия. Семья Фаже с начала XIX века жила в Луизиане, бывшей французской колонии, вошедшей в состав Соединенных Штатов после так называемой «луизианской покупки» 1803 года. Неудивительно, что в Новом Орлеане, ее крупнейшем городе, сложилась очень своеобразная многоязычная культура.

Дед Гая, Жан Шарль Фаже, тоже был известным врачом. Он получил медицинское образование в Париже, вернулся оттуда в Новый Орлеан и стал достойным членом местного медицинского сообщества, уже в первой половине XIX века весьма серьезного. Жан Шарль Фаже много изучал желтую лихорадку и был одним из первых специалистов, предположивших, что эта тропическая болезнь вызывается каким-то



<http://www.louisianatravel.com/>

Главное здание лепрозория в Карвилле (теперь уже бывшего)

микроорганизмом (на самом деле — вирусом). В диагностике желтой лихорадки до сих пор важен выделенный им симптом Фаже — нехарактерное для большинства заболеваний сочетание резкого повышения температуры тела с брадикардией, то есть снижением пульса. Так что новоорлеанская семья, к которой принадлежал Гай Генри Фаже, имела мощные традиции.

Сам Гай Генри Фаже окончил университет в своем Новом Орлеане, а после выпуска пять лет работал врачом в Британском Гондурасе. Не совсем типичный выбор, скорее всего связанный с проявившимся уже тогда интересом к тропическим болезням. Возможно, этот интерес был связан с работой деда, несмотря на то что в живых его не застал (Жан Шарль Фаже, к сожалению, умер за семь лет до рождения этого своего внука).

Поработав в Гондурасе, Фаже-младший вернулся в США. Больше четверти века провел там на государственной службе. Особого честолюбия он, судя по всему, не имел, ни к профессорской карьере, ни к великим открытиям не рвался, а просто год за годом трудился в Службе общественного здоровья (Public Health Service). По специальности был инфекционистом, занимался сначала малярией, потом туберкулезом. А в 1940 году, в возрасте 49 лет, он был назначен директором национального лепрозория в Карвилле, в родном штате Луизиана.

На многих фотографиях этот никогда не воевавший человек одет в военно-морскую форму. Связано это вот с чем: после того как лепрозорий в Карвилле стал федеральным, его административно включили в состав медицинской службы американских военно-морских сил. Полное название учреждения выглядело так: United States Marine Hospital (National Leprosarium). В системе госпиталей ВМС Фаже успел послужить еще в первый год после выпуска из университета, интерном. Карвилль вошел в эту систему, вероятно, потому, что больше всего опыта по части проказы американские врачи получили на Филиппинах, являвшихся в первой половине XX века фактически колонией США. А там, конечно, было больше всего именно военно-морских медиков.

Изображение главного здания Карвилльского лепрозория тоже легко найти, тем более что оно уцелело до наших дней. Это белый дом с колоннами, воплощение старого американского Юга. Когда-то там была сахарная плантация, впоследствии заброшенная. Луизиана исторически была поражена проказой сильнее большинства других североамериканских штатов — неудивительно, если учитывать ее положение перекрестка цивилизаций, который заселяли самые разные люди, от прибывших в XVII веке коренных французов до рабов-негров, массово завозившихся из Западной Африки. Основывая тут лепрозорий в 1894 году, для него сознательно подобрали место не в городской черте, а на отшибе, на полпути между городами Новый Орлеан и Батон-Руж. Поначалу Карвилльский лепрозорий «обслуживал» только штат Луизиана, но в 1921 году ему придали федеральный статус. Теперь сюда стали поступать пациенты со всех Соединенных Штатов. Благо их там было все же не очень-то много. Тем не менее больные прибывали, и игнорировать эту проблему медики не могли. Фактически Карвилль стал главным в Соединенных Штатах центром борьбы с проказой. Назначение Фаже его директором было отличием, знаком профессионального доверия.

Но вот вопрос: как вообще с проказой можно бороться?

Домой возврата нет

Испокон веков единственным лекарством от проказы, которое хоть как-то действовало, было чаулмугровое масло, получаемое из семян тропического древесного растения *Hydnocarpus*. Полного излечения оно практически никогда не давало, зато было довольно едким и вызывало побочные

эффекты вроде кожных нарывов. Любые другие лекарства помогали еще меньше.

На практике единственным по-настоящему эффективным средством борьбы с проказой была изоляция больных, строгая и пожизненная. Европа эпохи Возрождения справилась с проказой именно так. Документально подтверждено, что в Норвегии, которая в середине XIX века была поражена проказой очень сильно (недаром ее возбудителя открыл норвежский врач), введение системы лепрозориев привело к стремительному падению числа новых заболеваний. Правда, в малозаразных случаях гуманные норвежцы допускали изоляцию больных не в лепрозории, а на дому, но только с разрешения инспектора, возглавлявшего централизованную службу борьбы с проказой во всей стране. Та или иная форма изоляции вскоре стала там строго обязательной.

Такие меры действительно давали результаты. В той же Норвегии эпидемия проказы за полвека полностью сошла на нет — это не домысел историков, а факт, подтвержденный скрупулезной медицинской статистикой. Однако для тех, кто уже заболел, примененный в Норвегии и в большинстве других развитых стран подход означал не более и не менее как пожизненное исключение из социума. Существенно смягчить это было невозможно, потому что уже начавшаяся проказа не вылечивалась.

Разумеется, врачи очень хотели найти средство, позволяющее вернуть таких людей к полноценной жизни. Но не находили.

Карвилльское чудо

Очевидно, самый надежный способ покончить с любой инфекцией — это уничтожить ее возбудителя. Такое лечение называется этиотропным, то есть направленным на причину болезни. Возбудитель проказы был открыт еще в XIX веке: это палочка Хансена (*Mycobacterium leprae*), относящаяся к одному роду с возбудителем туберкулеза. А против туберкулеза в эпоху химиотерапии начали применяться сульфоны — сложные органические производные серной кислоты. Было показано, что они эффективно тормозят размножение туберкулезных бактерий, особенно в организме подопытных животных — морских свинок. Правда, на туберкулез легких человека сульфоновые препараты почему-то действовали куда слабее, но все же это была зацепка.

Механизм действия сульфонов стал известен далеко не сразу. Однако можно было догадаться, что они прерывают в клетках бактерий какой-то важный биохимический процесс, при этом не вредя клеткам человека и других животных. Сейчас известно, что молекулы сульфонов способны блокировать цепочку реакций, приводящих в итоге к синтезу пуринов и пиримидинов — химических «кирпичиков», необходимых для построения ДНК и РНК. Неудивительно, что это препятствует размножению бактерий. У животных пурины и пиримидины синтезируются несколько иным путем, и для них сульфоны не опасны.

Если сульфоновые препараты действуют на возбудителя туберкулеза, то почему бы им не подействовать и на возбудителя проказы? Ведь эти два микроба очень близки. Перед назначением в лепрозорий Фаже как раз занимался вопросами лечения туберкулеза, и эта мысль не могла не прийти ему в голову.

Сказано — сделано. Освоившись на новом месте, Фаже тут же связался с фармацевтической компанией, которая производила сульфоны, достал нужные препараты и приступил к испытаниям.

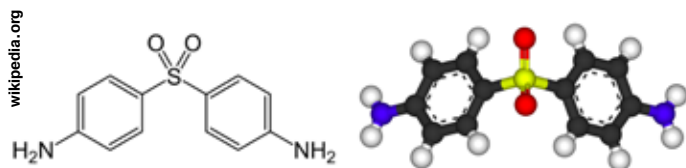
Какое-то время ушло на подготовительную работу, например на то, чтобы испытать на всякий случай ряд других препаратов, явно менее эффективных (такowymi оказались прославленные в те годы сульфаниламиды — от проказы

они не помогали). Наконец, 6 марта 1941 года первая группа добровольцев-пациентов получила первую дозу того лекарства, которое Фаже после долгого изучения вопроса счел самым перспективным. Оно называлось диафенилсульфон, или промин.

Результат превзошел ожидания. Промин не просто действовал на палочку Хансена — он действовал на нее гораздо сильнее, чем на палочку Коха, которая вызывает туберкулез. Язвы затягивались, кожные узлы рассасывались, люди начинали чувствовать себя практически здоровыми. Из 22 пациентов, прошедших экспериментальное лечение промином в течение года, 15 показали явное улучшение, а пятеро — вообще отрицательный результат бактериологического теста на наличие палочек Хансена! Отчет об этом, подписанный «карвилльской командой» — Фаже и четырьмя его сотрудниками, — был опубликован 26 ноября 1943 года (G. H. Faget et al., 1943. The promin treatment of leprosy: a progress report, «Public Health Report», 1943, 58, 48, 1729—1741, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2017027/pdf/pubhealthreporig01601-0003.pdf>). С этого момента возможность вылечить проказу стала научным фактом.

Как это обычно и бывает, за достижением скрывалась огромная работа. Количество пациентов, которых лечили сульфонами, очень быстро выросло до сотен. Кроме промина команда Фаже тестировала и другие подобные лекарства, например диазон и промизол. Их можно было давать больным в таблетках, в отличие от промина, который вызывал в этом случае слишком сильные побочные токсические эффекты (его приходилось в виде раствора вводить в вену). С другой стороны, уже с 1944 года практика применения сульфонов стала распространяться на другие лепрозории, — поначалу, конечно, на те, которые находились в Новом Свете. Но довольно скоро она охватила весь мир. А лечение чаулмугровым маслом, никому больше не нужное, было официально оставлено медициной.

За шестьдесят лет метод, предложенный Фаже, принципиально не устарел. В наше время основным противолепрозным препаратом является дапсон, близкий по химической структуре к первоначально использованному промину, но имеющий гораздо более простую молекулу с менее «развесистыми» боковыми цепями. Кроме того, Всемирная орга-



Структурная формула и модель молекулы дапсона.

низация здравоохранения теперь (с 1981 года) рекомендует комбинированную противолепрозную терапию, когда вместе с дапсоном применяются антибиотики. Активно используется, например, рифампацин, блокирующий у бактерий РНК-полимеразу — фермент, без которого невозможен синтез белка. При комбинированной терапии палочку Хансена как бы бьют одновременно с нескольких сторон, поражая разные биохимические механизмы и не давая ей приспособиться к какому-то одному лекарству. Но ядро терапевтической схемы образует все та же «волшебная пуля».

«Вместе мы преуспеем»

Гай Генри Фаже безвременно погиб в возрасте 56 лет. У него было два инфаркта, после первого он, проведя три месяца на лечении, вернулся к своей работе в Карвилле, после второго — не успел. Семнадцатого июля 1947 года он разбился



на смерть, выпав из окна расположенной на пятом этаже ванной комнаты новоорлеанского госпиталя. Предполагают, что он почувствовал приближение третьего инфаркта, распахнул окно, чтобы вдохнуть свежего воздуха, и не удержал равновесия.

Памятника ему нет. Зато есть воспоминания его бывших пациентов, одни названия которых говорят о многом. Книга Бетти Мартин называется «Чудо в Карвилле». А книга Стэнли Стейна — «Больше не одинок».

Стэнли Стейна когда-то звали Сидней Левисон. Поступая в 1931 году в лепрозорий, он поменял имя, чтобы не бросить тень на свою семью. Этот активный и образованный человек (по профессии он был фармацевтом) стремился к общественной деятельности: в частности, при Фаже он организовал в Карвилле издание собственной газеты под названием «Стар», несмотря на то что еще в 1937 году потерял зрение. В Карвилле он и прожил весь остаток жизни, пользуясь общим уважением и оставив по себе добрую память. Несомненно, это далеко не самая трагичная из десятков миллионов судеб, покалеченных проказой за многие века. В капле воды видится океан...

Именно благодаря газете «Стар» мы знаем кое-что о внутреннем мире Гая Генри Фаже. Другие опубликованные источники дают о нем в общем-то мало сведений. Официальная биография, строгое лицо на фото, темный пиджак или офицерский китель. Но вот он, текст его обращения к больным, напечатанный в «Стар» на Рождество 1941 года, — и это как луч, направленный прямо в душу, освещающий личные ценности. Люди вообще часто раскрываются в публичных выступлениях, лучше, чем в ином открытом разговоре.

«Сейчас наступила новая эра — эра света. Давайте же взглянем правде в глаза. В проказе нет ничего грязного. Проказа не связана ни с какими грехами тех, кто ее подхватил. И Божьей карой она тоже не является. Это обычная инфекционная болезнь, как туберкулез, брюшной тиф или пневмония. И заразиться проказой ничуть не более стыдно, чем туберкулезом, пневмонией или тифом. Какая же есть причина дискриминировать тех, кто страдает одной из этих болезней? Никакой».

Так давайте же объединимся и будем двигаться вперед — все, и пациенты, и персонал. Вместе мы преуспеем, поодиночке — потерпим поражение. Настанет день, когда страх перед проказой отойдет в прошлое, как уже отошел в прошлое страх перед желтой лихорадкой, холерой и туберкулезом. Наберемся отваги. Нас ждет долгий путь с подъемами и спусками, ведущий из долины тьмы, через горы всевозможных трудностей, — к солнечным равнинам будущего».



Белые начинают и проигрывают

Можно сколько угодно спорить о том, происходит глобальное потепление или нет, но паковые льды Арктики летом и осенью тают, и тогда белые медведи *Ursus maritimus* вынужденно сходят на берег. К сожалению, на суше им есть почти нечего, и медведи скучиваются в тех немногих местах, где можно найти скудное пропитание. На острове Врангеля это лежбища моржей: там всегда есть старые моржовые шкуры и кости, а иногда и живые звери. На северном побережье Аляски, у моря Бофорта, медведи инспектируют свалки китовых костей. Вдоль побережья расположены поселения коренных жителей, которые традиционно добывают гренландских китов *Balaena mysticetus*. Люди используют кожу, мясо, жир, некоторые органы, а остатки туши бросают подальше от деревни. Гренландские киты достигают в длину 19 м и очень жирны. Их остатки — большое подспорье для голодных медведей, и вокруг счастливой находки порой собирается до 30 животных. По некоторым данным, летом и осенью белые медведи южного побережья моря Бофорта около четверти питательных веществ получают, обгладывая скелеты гренландских китов.

Одна из любимых трапезных белых медведей — свалка китовых костей в двух километрах от поселения Кактовик. Это небольшая община из 300 жителей, расположенная на острове Бартер в море Бофорта. Каждую осень жители добывают от двух до четырех китов, свалка обновляется в сентябре, и тогда же туда являються белые медведи. В этом месте их замечают с 1986 года. В нынешнем веке Кактовик приобрел громкую известность среди зоологов, поскольку туда стали регулярно наведываться и гризли *U. arctos*. Очевидно, они приплывают с материка или соседнего острова Драм. Так ученые получили уникальную возможность исследовать межвидовую конкуренцию медведей за пищу в условиях ее нехватки.

Каждый сентябрь с 2005 по 2007 год за поведением медведей на свалке



китовых костей наблюдали специалисты Службы охраны рыбных ресурсов и диких животных США. Почему-то результаты своих наблюдений они опубликовали только сейчас («Journal of Mammalogy», 2015, 96, 1317–1325, doi:10.1093/jmammal/gyv140). Ученые с удивлением обнаружили, что гризли прогоняют белых медведей от трапезы, хотя они значительно мельче и легче (рис. 1). Самец гризли на северном побережье Аляски весит около 180 кг, самка — 110, тогда как самцы и самки белых медведей весят в среднем 375 и 195 кг.

Медведи днем на свалку не приходят, поэтому исследователи наблюдали за ними с шести вечера до девяти утра. Наблюдения вели из машины в бинокли и снимали на видеокамеру при свете прожектора. Популяция белых медведей неоднородна. Преобладают одинокие взрослые животные, по большей части самцы, самок среди них меньше трети. Кормятся близ Кактовика и самки с медвежатами, медвежата без сопровождения взрослых или подрастающие животные. Одинокие медведи приходят в основном вечером и ночью, семейные группы — преимущественно вечерами и на рассвете.

Среди гризли не было семейных групп, только одиночки с приобретением самок, почти все взрослые. Кормились гризли исключительно по ночам: с полуночи до шести утра.

Ученые наблюдали 137 взаимодействий между медведями разных видов, 137 — между белыми медведями и 16 — между гризли. Они отмечают, что гризли в целом агрессивнее белых. Агрессия не обязательно проявляется

в прямых столкновениях, это может быть поза, походка, положение ушей, рычание. Хотя белые медведи иногда демонстрируют агрессию по отношению друг к другу, конфликтов с гризли они явно избегают. Когда появляются гризли, белые медведи либо переходят на другое место, либо убираются восвояси. Исследователи отметили только пять случаев агрессивного поведения взрослых белых медведей при виде конкурентов другого вида. Скорее агрессии следует ожидать от самок с детенышами. Но такое поведение чаще вызвано стремлением защитить медвежат, чем конкуренцией за пищу. Медведицы с детенышами избегают встреч со взрослыми одиночками, будь то белые или гризли, поэтому и не приходят на свалку ночью, когда там пируют бессемейные особи обоих видов. Но если уж доведется встретиться с гризли, медведица первая выкажет неприязнь, а затем уведет медвежат.

Итак, в межвидовых конфликтах с белыми медведями гризли безусловно доминируют. Есть несколько предположений, почему белые медведи отступают от ценной пищи при явном физическом преимуществе. Одно из объяснений заключается в том, что гризли и белые медведи живут по разным расписаниям. Гризли обитают в очень скудных местах, где мало пропитания, обычный их рацион составляют растения и животные с довольно постным мясом. У гризли нет возможности охотиться на жирных морских млекопитающих, а жир к зимней спячке накопить надо. Именно этим они заняты летом и осенью, когда встречаются на суше с белыми медведями.



1
Гризли и белые медведи у китовых костей

А белые медведи, напротив, усиленно отъедаются весной, когда на льду появляется обильная легкая добыча — детеныши морских млекопитающих. Летом и осенью они энергию не копят, а сберегают, ожидая возможности вернуться в море. Их состояние в это время подобно состоянию гризли зимой, только в спячку они не впадают и потому тратят больше энергии. И с энергетической точки зрения для них выгоднее уклоняться от конфликтов, чем отстаивать право собственности на китовые кости.

Возможно также, что ответ заключается в разных путях медвежьей эволюции. Формирование гризли как вида происходило в окружении многочисленных наземных крупных хищников (волков, больших кошек и других медведей), с которыми приходилось конкурировать за добычу. У белого медведя на морских просторах конкурентов не было, и он не выработал привычки их отгонять.



2
Белый медведь с буровой мордой. Гибрид, наверное



Исследователи также не исключают, что у белых медведей больше причин опасаться травмы, полученной во время конфликта. Гризли всеяден, если какое-то время он не сможет охотиться, то прокормится растительной пищей. Гризли обычно ведут себя агрессивно, хотя до серьезных стычек у них дело доходит крайне редко, только если награда за победу достаточно высока (например, во время размножения). Для белого медведя последствия травмы очень серьезны: он ест только мясо, и его жизнь зависит от способности охотиться. Исследователи разных стран отмечают, что белые медведи на суше, несмотря на большую скученность, достаточно доброжелательны друг к другу. Если и возникают между ними конфликты, медведь, благодаря той же скученности, всегда имеет представление о силе и социальном статусе соперника и ведет себя соответственно. Гризли же агрессивен, при этом незнаком, а значит, непредсказуем, и белый медведь избегает встречи с ним. Исследователи отмечают, что гризли не прогоняют белых медведей специально, те при появлении гризли сами уходят прочь. Один из наблюдателей, Райан Уилсон, рассказал корреспонденту газеты «Alaska Dispatch News», что видел, как 15 белых медведей, кормящихся на куче, внезапно ушли при виде одного гризли, который просто бродил рядом.

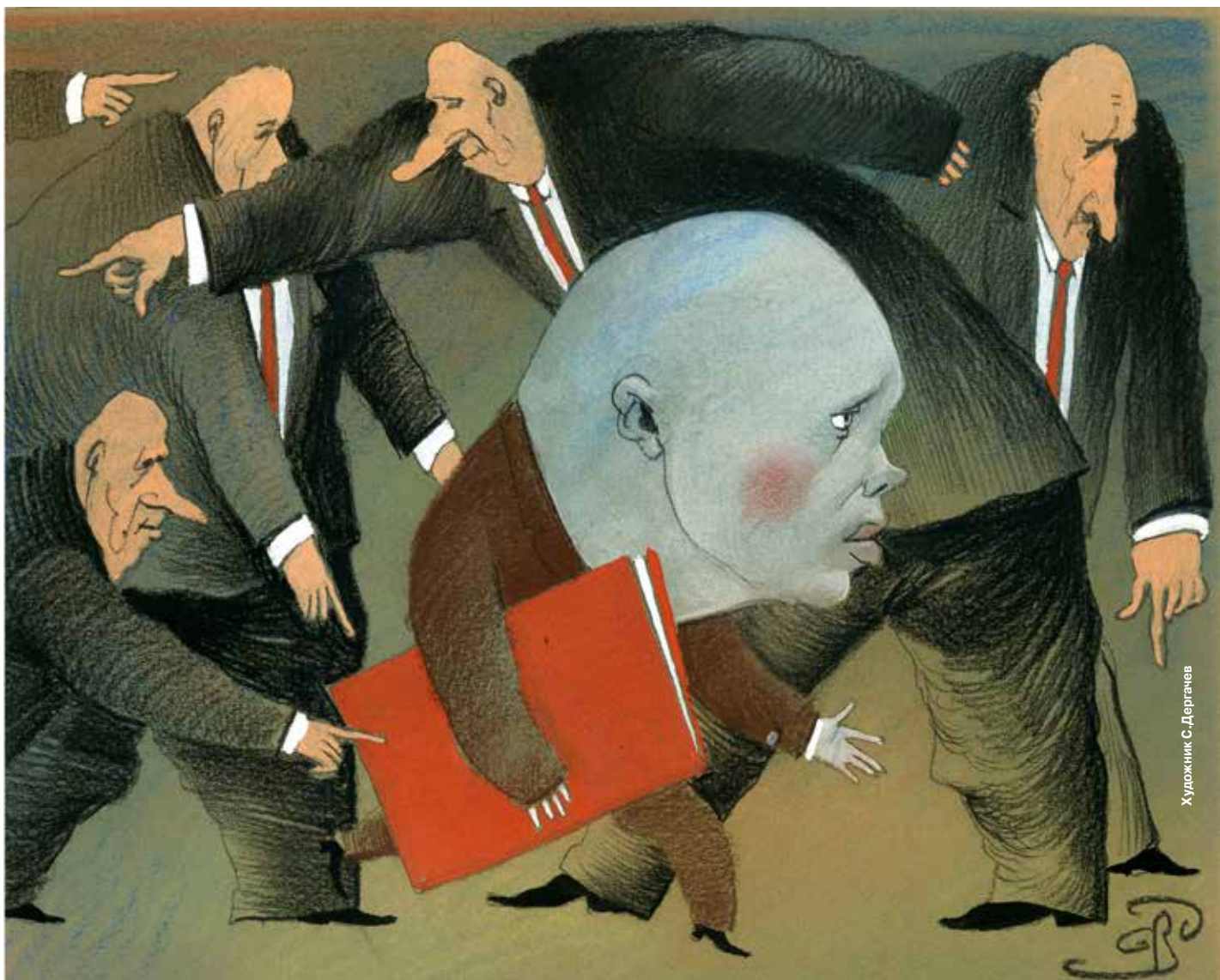
Гризли избегают людей в большей степени, чем белые медведи. На свалку они ходят только в ночные часы, когда люди спят, и соседство с поселком, возможно, влияет на их поведение даже ночью. Как поведут себя медведи, встретившись случайно у какой-нибудь туши на диком безлюдном берегу, сказать сложно. Не исключено, что гризли будет по-настоящему агрессивен и постарается оттеснить белого. Но возможно, что белые медведи наконец приспособятся к новой ситуации, начнут использовать преимущества своей весовой категории и вернут себе доступ к этому, пусть скудному, но все же источнику пищи. Чтобы выяснить, как все сложится, нужно продолжать наблюдения. Исследователи, кстати, этим и занимаются.

Ареалы медведей изменяются на глазах: бурые добираются до зоны паковых льдов, а белые чаще выходят на берег. Встречаясь, они не только конкурируют за пищу, но и скрещиваются. Результат этого процесса также пока непредсказуем.

В 2010 году трое американских зоологов опубликовали статью под названием «Плавильный котел Арктики» («Nature», 2010, 468, 891, doi:10.1038/468891a). В этой статье они вспомнили два случая, когда арктические охотники застрелили белых медведей с бурыми пятнами на шкуре. Согласно анализу ДНК, одно животное оказалось гибридом между белым медведем и гризли, а другое — потомком гризли и гибридной матери. Гибриды, стало быть, получаются плодотворно. Биологи знали, что теоретически такое скрещивание возможно, но не ожидали увидеть его результаты в природных условиях. Наверняка есть и другие случаи естественной гибридизации (рис. 2).

По мнению исследователей, межвидовое скрещивание не пойдет белым медведям на пользу, поскольку смешение генов снижает приспособленность вида. В Германии, в зоопарке Оснабрюк, у матери-гризли и белого отца родилось двое медвежат: самец и самочка. Наблюдая за ними, исследователи выяснили, что гибридным животным присуще врожденное умение охотиться на тюленей, но в море они плавают хуже, чем белые медведи. Конечно, нельзя по нескольким особям судить о свойствах гибридной популяции, однако предварительные данные неутешительны. Авторы статьи в «Nature» опасаются, что Северный Ледовитый океан полностью очистится ото льда еще до конца нынешнего века (есть такие прогнозы). Если белые медведи и выживут в каких-то местах, что сомнительно, скрещивание с гризли уничтожит их окончательно.

Н. Анина



Художник С. Держанев

Учебник физики: зачем и какой?

Л.А.Ашкинази

Предпосылки

Когда мы спрашиваем, каким должно быть нечто (например, учебник физики), то всегда — явно или неявно — исходим из каких-то предпосылок и учитываем какие-то ограничения. Если оговорить их, это поможет получить разумный результат или убедиться, что на данный момент его получить невозможно. Не будем рассматривать судьбы мировой цивилизации, возьмем

сегодняшнюю российскую ситуацию. В качестве предпосылок для появления нового учебника мы имеем следующее.

Физика — это наука, а интерес к науке падает из-за изменения типа экономики (сырьевая ориентация) и из-за действий властей (реформа Академии наук, вал липовых диссертаций и степеней, разрушение образования, преследование ученых под надуманными предлогами). Так что о массовом интересе к науке можно забыть.

Кроме отношения к науке, для преподавания важно изменение окружающей информационной среды. Об этом можно долго говорить и писать, но ситуация уже достаточно осознана: легкость получения информации и низкая достоверность получаемого привели к понижению требований к достоверности и к потере умения сосредоточиться на задаче. «Клипное мышление» и «цифровое слабоумие» — лишь мягкие характеристики происходящего со школьниками и студентами. Это не отдельные локальные явления, это вполне гармонично связанные направления распада и крушения того научно-технического интеллектуального и профессионального мира, в котором мы выросли, частью которого были и собирались оставаться до конца. Своего, а не его.

Более того, второе гармонично связано с первым. Если наука не нужна государству, то зачем мне изучать ее всерьез — это скучно и трудно, да и я не смогу прожить за счет приобретен-

ных знаний. Лучше пусть меня научат торговать — один из деканов Высшей школы экономики на дне открытых дверей так и сказал: мы готовим не тех, кто пишет программное обеспечение, а тех, кто его продает. Можно даже и не торговать программами, а сидеть в офисе — переключать бумажки со стола на стол и с одной стороны стола на другую и подсчитывать рейтинги. Благо есть компьютер, в нем калькулятор, а в фирме сисадмин, который придет по звонку и покажет, куда нажимать. А я напишу на бумажке и наклею на монитор.

Разумеется, существуют и всегда существовали те, кому просто нравилась наука. Но во-первых, их никогда не было много, а во-вторых, они произрастают на более широком поле просто способных и заинтересовавшихся. А какой может быть у школьников массовый интерес в сегодняшних условиях, при государственном-то хамстве? Чего стоят хотя бы истории с «Династией» и Фондом Сороса.

Что наука существовала в значительной мере за счет надежд на чудо-оружие, не секрет. Некоторые сейчас тешат себя надеждой на реванш и на шансы получить под это дело какие-то гроши на науку. Но это пустые хлопоты, как говорили гадалки, и вот почему. Если развитие науки и техники обеспечивает и военное превосходство, и мирное, то уменьшение на какое-то время военных расходов не катастрофично. Надо будет — быстро восстановим. Более того, если наука существует не столько за счет государства, сколько за счет бизнеса и фондов, то опять же уменьшение расходов государства не сильно по ней ударит. А если наука кормится только от государства, причем именно от военных — то сами понимаете, что происходит, когда мечта «шашкой бесшабашно срубить с оттягом Эйфелеву башню» исчезает.

И руководство страны это интуитивно понимает — один более чем высокопоставленный чиновник недавно изрек, что в танкостроении Запад отстал от России на двадцать лет. Это он на полном серьезе! Причем «в его безумии есть система», как сказал бы его коллега Полоний — раз фора 20 лет, то наука и образование вообще не нужны. Потому что невозможна фора по одному столь сложному изделию без форы во всей промышленности и науке.

Физика для всех, обязательная

Что можно сделать в такой ситуации, чтобы обеспечить относительно нормальную жизнь большинству и возможность заниматься наукой бесконечно тонкой прослойке? Ответ очевиден: учебников должно быть два и оба они должны быть увлекательнее, чем нынешние.

Прежде всего почему два, а не более десяти, как в министерском списке? Потому, что учебники должны различаться чем-то существенным, а в естественных науках, да еще и на школьном уровне, сделать существенно отличающееся затруднительно. (Какими соображениями руководствуется министерство, когда ставит штамп «рекомендовано», — это другая сторона вопроса.) Учебники могут различаться лишь уровнем погружения в вопрос и отчасти — охватом. Можно даже сохранить два концентра, 7—8—9 и 10—11 классы, но тогда надо честно сказать, что второй — не для всех, а только для тех немногих, кто всерьез собирается жить именно физикой или инженерией. Сейчас это формально не так, но фактически — именно так. Зачем учить физике целый класс, если ЕГЭ будут сдавать два человека? — рассуждает школа. Как тогда учиться этим отщепенцам? — этот вопрос решают родители, иногда с помощью учителей той же школы, иногда и без них. Ниже предлагается иное решение.

Итак, физика-I, например, 7—8—9 или 7—8 классы. Ничего выходящего за личный опыт человека. Учебник должен быть прост, понятен и ориентирован на обыденность. Чтобы гражданин не перебежал дорогу в потоке машин в дождливую погоду, не удивлялся, что теряет равновесие, входя в метро на стоящий эскалатор, выключал свет перед тем, как менять лампочку, и не правонарушал даже ночью, памятуя



об инфракрасной подсветке и камерах. То есть это должна быть физика, позволяющая жить грамотно, можно сказать — физика для социализации, физика для общества. Собственно физика при этом потребует примерно та, которая и есть сегодня в школе, только не надо про бозон кого-то и темную, как ее, — то ли материю, то ли непонятно что. Это 99,99% граждан никогда не потребуются.

Такой бытоориентированный учебник будет для большинства и интереснее. Потому что школьников, на уединенной скамейке в осеннем парке размышляющих о судьбах одной из вселенных, всегда было мало, а сейчас — сами понимаете. И этот курс должен быть обязателен, и принимать экзамен надо серьезно, и прочерк в аттестате должен реально страшить и до передачи комиссии — закрывать дальнейшее инженерное обучение и наем на работу в госструктурах. Курьер, который перебегает в потоке машин, фирме не нужен, и студент такой нужен далеко не на всех специальностях. Причем предполагаемый объем информации, который даст этот учебник, при всей бытоориентированности должен быть существенно большим, чем выносят из школы многие ученики сейчас.

Важно, чтобы в этом учебнике явно демонстрировалось критическое мышление, то есть авторы должны разбирать глупости, которые пишут и говорят вокруг, показывать их несовместимость с общеизвестными фактами и простой логикой. Именно для того, чтобы попытаться научить стряхивать лапшу с ушей. Правда, ГИА надо будет переделать в соответствии с новым курсом, но это не столь сложно.

А для того, кто размышляет на скамейке... что нужно, чтобы общество не упустило ненароком будущего гения? Это вполне решаемая задача, но именно этот материал — предназначенный для того, кто задумывается, — должен быть четко отделен от остального. Должно быть просто и ясно сказано: если интересуют тайны Вселенной и полет на Луну — то жизнь, подчиненная работе. И два примера — один научный и один инженерный детектив. Рассказанные так, чтобы были видны — насколько это вообще возможно — и потение, и вдохновение. Причем проценты — согласно цитате из Эдисона (1% вдохновения), он в вопросе разбирался.

Резюме: физика-I — это физика для тех, кому она, может быть, и не нужна. Но обществу нужно, чтобы ее знали и ею руководствовались. Потому что за незнание элементарной физики платит общество — то есть все. Ибо аварии на дорогах мешают движению, а медицина у нас страховая. Да и обращение к шарлатанам и жуликам, лечащих магнитными браслетами и «биоэнергетикой» вместо хоть какой, но все же медицины, приводит к повышенной нагрузке на все общество, то есть на каждого из нас.

Физика — кому она лично нужна

Физика-II, например 10—11 класс, — это совсем иное, хотя от современного хорошего учебника (для «углубленного изучения») отличаться должно не радикально. Это будет именно введение в физическую картину мира, в методы современной

физики и в физические основы инженерии. Одна толстая книга в трех частях или три потоньше — не суть важно. Современный российский хороший учебник — это картина мира с минимальным и чисто формальным вкраплением науки и инженерии. В американских учебниках примесь методов физики и инженерных применений больше, чем в российских, но все равно меньше, чем следовало бы.

Итак, три части. Первая должна использовать операции с векторами, простейшее применение тензоров, начала математического анализа, может быть, что-то еще — на потребу физики. Включать этот материал в курс математики или сделать в учебнике физики математическую часть в его начале — вопрос технический. Второе проще, первое — полезнее. Разумеется, сильно углубиться в современную физическую картину мира в школьном учебнике, даже на расширенной математической базе, не удастся. Ради глубины можно пожертвовать шириной или сделать не все подразделы обязательными. Но если ориентироваться на серьезные занятия с теми школьниками, кто реально интересуется и готов работать (промежуточный зачет после математической накачки это покажет), то все равно можно сконструировать интересную книжку. Когда-то нечто подобное сделал один из родителей водородной бомбы — Я.Б.Зельдович, назвав результат «Высшая математика для начинающих». Те 400 страниц — конечно, не школьный учебник, но ознакомиться полезно.

Вторая часть Физики-II — показ того, как именно делается физика. Вся цепочка, от постановки задачи до решения? Э, нет — от рассказа о том, откуда берутся задачи, до кайфа ощущения решенности — одного из трех самых острых переживаний этой жизни. А откуда берутся... это не секрет: задачи берутся из задач, они сами из них растут, их даже поливать почти не надо — живучи, как саксаул. А еще задачи ставят инженеры и другие ученые (например, биологи, химики, геологи), ставят их — это отдельный разговор — политики, нормальные и безумные. В учебнике должны быть показаны примеры решения научных задач, пришедших из разных источников, задач простых и сложных, задач решенных и — обязательно — нерешенных. Тем самым будет естественно показаны и связь наук, и связь областей физики. И кстати, сейчас уже необходимо объяснить детям, что это такое — решить задачу. А то иной школьник пишет-пишет, пишет-пишет, а потом медленно поднимает на меня несчастные глаза и тихонько спрашивает: «Я... решил?..»

Хороший показ процесса физики — это нечто среднее между нормальной научной статьей и хорошей научно-популярной статьей. Здесь должны быть детектив и интрига, загадка и разгадка, черная комната, черная кошка, и вот она подходит, чтобы ее погладили. Можно сказать, это хорошая научно-популярная статья, опирающаяся на учебник физики (на первую его часть), не стесняющаяся приводить формулы и показывать их применение и следствия. Великолепный пример, но из химии — статья «Z, или История с формулами» Е.В.Полунина (см. «Химию и жизнь», 1986, № 1).

Третья часть такого учебника — нечто похожее на вторую, но вместо слова «наука» ставим слово «техника» или менее употребительные слова «инжиниринг» и «инженерия». Заметим, что слова эти в разных словарях определяют немного по-разному, в частности с большим или меньшим упором на коммерческую сторону. Можно было бы говорить «инженерное искусство» или, например, «конструирование и технология», но это, увы, длинно. Итак, третья часть нашей гипотетической книги — показ того, как физика применяется в инжиниринге. То есть вся цепочка — от рассказа о том, откуда берутся задачи, до кайфа, когда оно взлетело, поплыло, приземлилось, когда по нему пошли поезда и потоки машин, и какие физические проблемы пришлось решить, чтобы создать суперкомпьютер и искусственное сердце, а также суперколлайдер и космический телескоп — чтобы заглянуть

в обе бесконечности. Естественно, нужен рассказ, откуда берутся инженерные задачи и особенно о том, как их ставит наука, показ этой двухсторонней связи.

Хороший показ процесса применения физики — это нечто среднее между нормальной инженерной статьей и хорошей научно-популярной статьей. Странно, что нет термина «инженерно-популярная статья» — но, так или иначе, в ней должно быть все, что названо выше. И в ней должны быть вопросы, вплетенные в текст и неожиданно поражающие читателя... нет, не надо поражать и даже не надо казенно «заставлять задуматься». Скажем так: давать удобную возможность задуматься. Да и во второй части это должно быть — и побольше. Правда, ЕГЭ придется переделать в соответствии с новым курсом, и это будет посложнее, чем ГИА. А может, при уменьшенном-то количестве сдающих, его вообще... элиминировать?

Вводить в учебник вопросы можно четырьмя разными способами. Можно строить вопросы так, чтобы они диагностировали усвоение учебного материала, это называют «вопросы по теории». Можно так, чтобы проверяли умение применять теорию, то есть просто решать задачи. Это два традиционных способа, но есть еще как минимум два. Можно строить вопросы так, чтобы они определили умение развивать теорию, то есть на основе сообщенного теоретического материала, либо строить теорию частных случаев, либо комбинировать разные теоретические положения. И наконец, можно строить учебник так, чтобы в процессе попыток ответа на заданные вопросы учащийся сам приходил к определениям, признакам и классификациям. То есть отчасти сам «создавал науку», роясь в примерах и прецедентах. Вот функция, вот, вот и вот — что их объединяет? А вот эта и эта — относятся ли они к этому классу? Как мы назовем этот класс? А какие у него есть еще свойства? Когда-то именно так нас учили математике (мне сильно повезло со школой), в американской педагогике эта методика применяется, в российской — реже, она трудоемка — и в составлении книги, и в применении, и для педагога, и для ученика. Но она развивает конструкторские способности. Без которых нет ученого, а есть — максимум — научный работник. Или просто «работник», как тактично пишут на пропусках в НИУ ВШЭ.

Между прочим, принцип двух курсов и двух учебников — для всех и для тех, кому лично нужно, — может быть использован и для некоторых других предметов. Тем более что жизнь-то под знаменем ЕГЭ сама к этому идет... Кстати, учителя химии (американские и английские, а если сумеют добыть перевод, то и российские) имеют в своем распоряжении учебник из двух частей, для учеников и для учителей, сравнимые по объему. Может быть, надо было позаимствовать эту идею, а не пытаться неумело собезьянничать идею единого экзамена?

Компьютер и Интернет

Теперь о компьютеризации, Интернете, большой от них пользе и таком же большом от них вреде. Вообще-то это обычная ситуация: наверное, почти от всего могут быть и польза, и вред — в зависимости от ситуации. Совершенно очевидно, какая именно польза (и немалая) может быть от компьютерного учебника и от использования Интернета: интерактивный учебник, гибрид учебника с заданием, многоуровневость и управляемость переходов и многое другое. Материала в электронном учебнике может содержаться гораздо больше, чем в учебнике бумажном, и это позволяет удовлетворить потенциальные и разнообразные интересы ученика. Но можно соорудить и развлекаловку, причем сделать это гораздо проще, чем создать содержательный и полезный учебник. Более того, если просто продублировать текст лекциями и показом экспериментов, то формально электронный учебник будет создан, объем наполнен, средства освоены. С другой стороны, можно создавать понемногу (в этом «понемногу» состоит еще

одно важное преимущество Интернета) образовательный сайт, а потом на его основе — электронный и бумажный учебники.

Ситуация с Интернетом сложнее, потому что содержание конкретного электронного учебника — это то, что мы туда сами положили, а Интернет от нас мало зависит, и бреда там предостаточно. Никакого программного барьера на этот счет нет, и в обозримом будущем он не появится. Не только потому, что это, по сути, проблема проблем — создание «искусственного интеллекта», но и потому, что данная проблема вообще не всегда имеет надежное решение. Единственная защита от бреда, не абсолютная, но зато самоподдерживающаяся, — это хорошее знание основ школьной физики, плюс навык трезвого мышления, привычка присматриваться к информации, плюс общение с профессионалами, экспертные оценки (учитель сказал, что кто не читает материалов на сайте А, мимо того жизнь проходит без пользы, а сайт В — пустая трата времени). Этому тоже должна учиться школьная физика, поэтому критический подход надо заложить в обе школьные физики. Правда, хорошо бы его заложить и в химию, и в биологию, а уж в литературу-то и историю... но тут Шахерезада почему-то быстренько замолкает. Конечно, такой учебник мог бы содержать указатель интересных и достоверных материалов в Интернете и сайтах, где поддерживается чистота, но должен этот список находиться в Интернете и быть обновляемым.

Да и сам этот учебник должен быть в Сети — потому что школьников, которые хоть как-то интересуются физикой, мало, а интересующихся настолько, чтобы освоить хотя бы школьный курс, — совсем мало. Шансов собрать серьезно интересующихся в спецшколу или спецкласс — тоже мало. А что делать в населенном пункте, где просто нет нужного количества учеников? Не все способны пробиться из глухой деревни, как нобелевский лауреат Абдус Салам или Ломоносов. Школы-интернаты вроде «Интеллектуала» — единичное явление, да и они переживают не лучшие времена по причинам, изложенным в начале статьи.

Решение — организация дистанционных занятий по такому учебнику. При этом сама дистанционность должна учитываться при конструировании и изготовлении учебника. А для того чтобы школа оставалась школой, а не местом получения аттестата о чем-то там, занятия должны проводиться в реальном классе, одновременно и со школьниками живыми, и с «дистанционными». Примерно так, как это описано в рассказе «Какая прелестная школа» Ллойда Биггла-младшего. Попутно — это лучшее решение для учеников, которые по любым причинам не могут присутствовать на занятиях.

Что полезнее, ролик с хорошим учителем на экране или средний учитель, но живьем и рядом, с обратной связью? Лучше, чтобы был выбор, — тогда дитенок решит проблему сам, и если ему интересно, то будет активно пользоваться новыми возможностями, а если нет, то вреда точно не будет. Возможно, конечно, возникновение некоторой ревности реальных учителей к экранным, но с таким же успехом средний учитель может ревновать к хорошим книгам. Вообще-то живой учитель в реальном классе может вести занятия, используя ролики на экране. Возможен и вариант, когда онлайн дополняется живым учителем «на месте». Например, задания даются на экране, а проверяются «на месте». А вопросы школьников эти два учителя как-нибудь уж поделят — профессионалы всегда договорятся. В Интернете реализованы разные варианты, но, по мнению многих, основная проблема с дистанционными курсами — дисциплина, иными словами, мотивация. Предполагается, что с этим у умных детей все в порядке, тем не менее нужны поэтапный контроль, система штрафов и наград. Забавно, что сами дети это понимают, — когда я проводил среди своих учеников опрос насчет дистанта, они в основном высказались «против» и указали именно на эту проблему!

Такие занятия, такой полудистанционный класс можно создать на базе школы, имеющей свои источники финансирования,



ДИСКУССИИ

или на базе вуза, который выживет и зализет раны после очередной оптимизации, то есть слияния, то есть сливания. Это будет распространение системы заочного образования, по которой учится сейчас около половины российских студентов, на школьников, всерьез интересующихся предметом. А по весне детишки будут съезжаться — на оленях, вертолетах и метро — сдавать сессию...

Немного статистики, очень-очень оценочно. ЕГЭ по физике пишут около ста тысяч человек. Из них около 3% делают четыре или пять задач из пяти в части С, где надо не галочки в клеточках расставить, а чуть-чуть применить учебник. Казалось бы, достаточно — три тысячи человек, которые почти усвоили школьный курс на элементарном уровне и которых не придется учить школьной физике на первом курсе вуза. Учитывая ситуацию, в которой они учились, можно предположить, что их можно было бы научить и большему — если не натаскивать на ЕГЭ. Но шансы собрать из таких детишек нормальный класс — так, чтобы школе имело смысл их всерьез учить, — есть только в столицах и городах-миллионниках. Однако ездить через весь город не все могут. Поэтому создание системы, о которой рассказано выше, представляется умеренно разумным решением.

Не только для физики, а для всей образовательной системы важно следующее. Из этих ста тысяч 60% решают ноль задач из пяти, по 10% — одну или две, совершенно тривиальные. Мне кажется, что распределение результатов, «похожее на нормальное», то есть с хвостом в сторону низких баллов, естественно только на обязательном экзамене, на принудительке. На экзаменах «по выбору» такого быть не должно — школьник должен выбирать предмет, который знает, и знать предмет, который выбрал, причем выбрал не вчера, то есть на всех ЕГЭ «по выбору» вообще не должно быть плохих результатов. Но многолетние наблюдения показывают, что у большинства утрачена учебная рефлексия. Они не понимают, решена задача или нет, вообще не могут оценить уровень собственных знаний (заодно лишая себя немаленького удовольствия). Для физики — это, в частности, следствие того, что они не имеют практики решения задач. Но есть и более важная причина, причем общая для всех предметов. Это давно навязанная чиновничьей вертикалью практика школьной показухи — «три пишем, два в уме». Можно ли от нее избавиться без той самой меры, которую в известном анекдоте рекомендовал сантехник, поглядев на туалет? (Он изрек: «Надо менять систему».)

Если, как сказано в самом начале, исходить из реальных предпосылок и учитывать ограничения в сегодняшней российской ситуации, то не избавимся. Но если мы, как ни странно, хотим увидеть какой-то результат при жизни — можно попробовать создать систему, о которой рассказано выше. Предоставить всерьез интересующемуся школьнику возможность — это ли не красивая задача?



Шоколадный трюфель

Что это за конфета? Конфет на свете великое множество, но самые парадные и дорогие — шоколадные. А самые роскошные из них, шоколадные из шоколадных, безусловно, трюфели: особый шоколадный крем (ганаш), обсыпанный порошком какао или покрытый шоколадной глазурью.

Существует несколько основных видов трюфелей. Европейский делают из масляной эмульсии с порошком какао, молочным порошком и сахарным сиропом. Французский трюфель состоит из свежих сливок и шоколада: из остывшей смеси катают комочки, которые обсыпают какао или ореховой пудрой. В швейцарском варианте шоколад растапливают в смеси кипящих сливок и сливочного масла, затем разливают по формам и, когда застынет, обсыпают порошком какао. Французские и швейцарские трюфели хранятся всего несколько дней.

Особняком стоят бельгийские трюфели. Это скорлупка из темного или молочного шоколада, заполненная ганашем, масляным кремом или измельченным в порошок пралине, смешанным с шоколадом, сливками и маслом. Рецепт бельгийских трюфелей предложил в 1912 году шоколадье Жан Нейгауз II.

В 1973 году французские трюфели попробовала американская бизнес-леди и кулинар Элис Медрич и решила, что неплохо бы и в США выпускать такие конфеты. Само собой, американский трюфель крупнее европейского, а формой напоминает половинку яйца. Он представляет собой смесь темного или молочного шоколада с молочным жиром и, в некоторых случаях, отвердевшим кокосовым маслом, покрытую шоколадной глазурью.

С начала 1900-х годов трюфели выпускают многие производители, и с тех пор появилось великое множество рецептов. Ганаш сдабривают различными вкусовыми добавками: шампанским, ликерами, карамелью, фруктами, солью и орехами. Оболочка бывает просто темная, присыпанная сахарной пудрой, но нередко конфету посыпают орехами, перцем, шоколадной стружкой или покрывают темной, молочной или белой шоколадной глазурью, так что она получается узорной.

Почему трюфель? Свое название трюфель получил в честь одноименного гриба, округлого, вкусного и ароматного, с мягкой серединкой и темно-коричневой плотной оболочкой. И конечно, когда его извлекают из земли, он ею обсыпан, как конфета порошком какао. Трюфель, который гриб, был чрезвычайно дорогим лакомством, доступным только особам королевской крови и очень богатым людям. Потому и одноименная конфета автоматически получила такой же статус. Натуральный шоколадный трюфель до сих пор ассоциируется с роскошью.

Кто первый начал? Существуют две версии рождения трюфеля. Согласно одной из них, конфеты придумал потомственный французский кондитер и шоколадье Антуан Дюфур, который в 1894 году перебрался в Англию. В 1895 году в Шамбери (Франция) кондитер Н. Петруцелли, работавший на семью Дюфур, изготовил первые трюфели. Либо Антуан отправил на родину рецепт трюфелей, либо получил его оттуда. Как бы то ни было, в 1902 году он открыл в Лондоне шоколадный магазин «Престат». Дюфур изготавливал и продавал в своем магазине разные сладости, но славу ему принесли именно трюфели, названные «Наполеон III» в честь последнего французского императора, известного сладкоежки, жившего в изгнании в Англии. Шоколадные трюфели прославились на всю Европу, как и существующий до сих пор магазин. Пожалуй, самым известным его покупателем был Рональд Дал, автор сказки «Чарли и шоколадная фабрика».

По другой версии, шоколадные трюфели — результат ошибки, случившейся на кухне французского шеф-повара Огюста Эскофье. Один из его учеников в спешке вылил горячие сливки не в миску с яйцами и сахаром, а в кипящий шоколад. Когда смесь остыла, Эскофье обнаружил, что она пластична и из нее можно лепить



шарики, которые он обвалял в порошке какао, после чего поразился их сходству с настоящими трюфелями из Перигора. Было это в 1920-х годах.

Ганаш. Основа трюфеля, сердце его — это ганаш, крем из полусладкого твердого шоколада и сливок. Сливки нагревают, расплавляют в них измельченный шоколад, смесь перемешивают до однородности, иногда с ликерами или другими вкусовыми добавками. Чтобы ганаш получился гладким и блестящим, добавляют сливочное масло.

В зависимости от сорта шоколада и сливок, для которых предназначен ганаш, соотношение шоколада и сливок бывает разным. Если нужно приготовить начинку для трюфелей или крем для прослаивания торта, берут две части шоколада на одну часть сливок. При соотношении один к одному смесь получается более плотная, ее используют для глазури. Охлажденный ганаш можно взбить и покрыть им торт. Однако если он остынет слишком сильно, то загустеет и будет плохо распределяться. Нередко теплый ганаш выливают в посуду или террин (керамический сосуд с крышкой) и дают остыть, потом вынимают и нарезают ломтиками, как паштет (о паштетах см. «Химию и жизнь», 2015, № 11).

Инновационная конфета. Хотя европейцы стали лакомиться шоколадом уже в XVII—XVIII столетиях, до рецепта трюфелей они додумались только в конце XIX века. Для этого потребовалось сделать три изобретения, определивших лицо современной шоколадной кулинарии.

Шоколад делают из семян крупных ягод, вызревающих на дереве *Theobroma cacao*. Их ферментируют, высушивают, очищают, сортируют и обжаривают. Обжаренные семена становятся хрупкими, их освобождают от оболочек и перемалывают. Сердцевинки семян содержат до 54% масла какао, при комнатной температуре оно остается плотным, но под действием тяжелых жерновов семена нагреваются, и масло плавится. В результате образуется густая шоколадная жидкость, ее разливают в формы и дают затвердеть. Изготовленные из этой массы продукты плохо усваивались по причине высокой жирности, на поверхности чашки с горячим шоколадом плавал толстый слой масла.

Ситуация изменилась в 1828 году, когда молодой голландец Конрад ван Хаутен изобрел гидравлический пресс для отжима масла какао из шоколадной массы, позволяющий развивать давление до 400 атм. Оставшийся жмых — сухую коричневую лепешку — перемалывают, просеивают и получают какао-порошок, в нем еще остается до 10% масла. Создание пресса не только подарило нам масло какао (о его уникальных свойствах см. «Химию и жизнь», 2007, № 5) и улучшило консистенцию и вкус оставшегося порошка, но и открыло путь к плиточному шоколаду. Его готовят, смешивая в заданных пропорциях порошок и масло какао, сахар и часто ваниль. Впервые это было сделано в 1847 году на шоколадной фабрике Фрая в Бристоле. А в 1879 году швейцарцы Анри Нестле и Даниэль Петер получили молочный шоколад, расплавив измельченный твердый шоколад с молочным порошком. Отсюда уже совсем недалеко до появления ганаша и шоколадных трюфелей. И теперь многие рецепты изготовления этих конфет предваряет замечание о том, как просто их сделать.

Почувствуйте себя Дюфуром. Чтобы скатать 12 трюфелей, нам понадобится четверть чашки сливок с жирностью не менее 30%, столовая ложка сливочного масла и половина столовой ложки сахарного сиропа (3 части сахара на 1 часть воды). Эту смесь мы, быстро перемешивая, нагреем на очень медленном огне, пока она не закипит, переставим на водяную баню и всыплем в нее 110 г измельченного шоколада с содержанием какао не менее 50%. Пусть он плавится 5 минут, в это время его перемешивать не надо. Зато потом перемешаем до однородности и уберем в холодильник на 15 минут, достанем, еще раз перемешаем и опять в холодильник. И еще раз. После этого нужно провести еще три таких цикла, но уже с пятиминутным охлаждением, и, оставив смесь из холодильника в последний раз, больше ее не перемешивайте. Если по рассеянности сделали это, снова остудите 5 минут.

Ганаш готов. Теперь двумя ложками сформируем из него шарики и охладим 15 минут. Затем уже руками придадим конфетам более совершенную форму и снова в холодильник на четверть часа — шарики должны затвердеть.

А теперь мы их украсим. Для этого надо измельчить и расплавить на водяной бане еще 110 г шоколада и остудить 1—2 минуты, чтобы ганаш не потек. Погружаем шарик в миску с шоколадом, достаем и катаем на ладони, пока он равномерно не покроется глазурью, а затем немедленно обваляем в порошке какао, измельченных орехах или сахарной пудре. Когда все трюфели разложены на листе бумаги, их можно дополнительно обсыпать нужным порошком через сито. Что потом? Правильно, охлаждаем. Конфетам нужен час-другой, чтобы затвердеть. Если сразу не съедите, трюфели хранятся неделю, естественно, в холодильнике.

Для тех, кому этот рецепт действительно показался простым, есть варианты посложнее. Ганаш можно приготовить с розмарином и морской солью (листья розмарина кипятят со сливками и удаляют до того, как всыпать шоколад, а щепотку соли добавляют перед последним охлаждением крема); молотыми орехами и ванилином; черным молотым перцем и лимонной цедрой; с вином; с имбирем и корицей или с чем-нибудь еще.

Н. Ручкина





Бедные сердечки



Ирина Истратова

Алю разбудила Шашка. Кошка устроила охоту на тапки и гоняла их по комнате, пока не загнала в щель под шкафом. Запрыгнула на стул и затаилась в ожидании, когда тапки осмелеют и выползут, но те, тоже не дураки, отсиживались.

Аля закрыла глаза, чтобы доспать двадцать минут, но тут Шашка заинтересовалась одеялом. Тронула лапой свисающий уголок — одеяло, вздрогнув, отдернулось. Судорожно сползло с Али и прижалось к стене. Аля потянула его обратно — одеяло упиралось и тряслось. Окаянная кошка совсем его зашугала! От нервов одеяло обляиняло ранней весной, когда стояли еще холода, и не засыпало без снотворного, а по ночам металось в постели и наползало Але на лицо.

А Шашка что-то притихла — явно не к добру. Аля встревоженно приоткрыла глаз: кошка стащила на пол Алино платье, ночевавшее на спинке стула, и топталась по нему, выпустив когти. Аля подскочила с дивана:

— Что ты делаешь?!

— Мну-у! — ответила кошка.

— Отпусти немедленно! И что ты за создание такое?!

Шашка была известно что за создание — собственная Алина разработка. Поначалу Аля хотела подарить Стасу кота Шаха — думала, мужчины лучше поладят. Потом она прочитала в женском журнале, что отцы больше любят дочек, чем сыновей. Просят родить сыновей — а сами души не чают в дочках. Аля решила, что то же правило распространяется на кошек и котов.

Еще она читала, что мужчины на самом деле не любят детей. Они любят их матерей, а детей постольку-поскольку. Так вот, применительно к кошкам это сущая правда. Когда Стас уходил, Шашку он с собой не взял. Сказал, что терпел ее только ради Али, теперь же он Алей сыт по горло, а кошкой и подавно.

Аля зажгла свет и внимательно осмотрела пострадавшее платье. Уф! Следы когтей почти не заметны, заживут дня за два. Аля протерла их перекисью водорода, натянула на себя платье и босиком пошла на кухню. Стекла кухонного окна были облеплены рекламными бабочками — красными с желтой буквой «М». Одна влетела внутрь, и Шашка бросилась в погоню.

У Стаса не доходили руки поставить спам-фильтр — из-за того и поссорились. В Алю словно вселилась лихая разрушительница Шашка, готовая взорваться или рубануть сплеча. Это она, а не Аля, назвала Стаса мальчиком и белоручкой. Сказала, что у него первый разряд только по шахматам, а все остальное ниже плинтуса. Стас тоже наговорил всякого. Но Аля-то отходчивая, а Стас злопаятный. Он не вернется.

Аля провела пальцем по поверхности обеденного стола, вызывая виртуальный дисплей. Контекстное меню

предложило хека с брокколи — Стас всегда заказывал диетический завтрак. Аля усмехнулась и выбрала кофе и оладьи. Ну и, куда деваться, рыбу для Шашки. Едопровод загудел, поднимая биомассу на сто восьмой этаж. Шашка наострила уши и забыла о бабочке. Из кухонного принтера вылез лоток, источающий рыбный запах.

— Мне-е! — потребовала Шашка.

— Тебе-тебе. — Аля поставила лоток на пол. — Не Стасу же...

Аля густо полила оладьи сиропом и бросила в кофе два кубика сахара. Жизнь без Стаса было... если честно, не так уж невмоготу. Слегка непривычно и немного пусто, как будто из кухни убрали одну табуретку.

Аля стряхнула крошки на подол: платье тоже любило сладкое. Выкинула в утилизатор пустые лотки, напоследок посмотрела на Шашку строгим взглядом и ушла на работу.

Десантный конвертоплан Эконадзора летел над северным склоном Воронцовского холма. Ветер от винтов гнал волны по морю зеленой листвы, внизу темнели глубокие балки, заросшие ивняком, и взблескивала на солнце поверхность реки. Лес тянулся, насколько хватал глаз, а над ним возвышались громады московских башен. Москва готовилась к юбилею, и башни сменили внешний вид — каждая походила на какой-нибудь памятник архитектуры. Слева по курсу, на Воробьевых горах, стояла Университетская, напоминающая здание МГУ. Ее молочная облицовка розовела в утренних лучах, оранжевые отблески горели на оконных стеклах, главный шпиль скрывался в облаке. Справа, в междуречье Чуры и Черемушки, стояли башни Профсоюзная, Академическая и Знаменская, будто сложные из одинаковых кубиков.

Похожими домами, только маленькими, были застроены Черемушки во второй половине двадцатого века. Потом их сломали и возвели новые, а некоторое время спустя снесли всю городскую застройку, предварительно ее оцифровав. Дешевле было сохранить Москву в оптической памяти, чем реставрировать ветшающие здания, в которых никто не хотел жить. Неуважения к истории в этом не больше, чем у предков, которые ставили один архитектурный памятник на месте другого. В реальном мире нельзя иметь все историческое наследие сразу. Виртуальность же вмещала его без проблем, позволяя бродить по Москве не только в пространстве, но и во времени. А за окном зеленели леса.

Капитан Волков посмотрел на дисплей навигатора: красная точка то замирала на месте, то перескакивала метров на десять.

— Шершень, высаживай нас на ту прогалину. — Волков ткнул пальцем в карту. — Дальше разберемся на местности.

ФАНТАСТИКА

Конвертоплан завис над небольшой поляной на берегу реки. Пять метров — не высота, если прыгаешь в бобике, боевом биокостюме. У бобика мощные мышцы и потрясающее чувство равновесия. Изнутри он выстлан мягким эпителием, выделяющим противоударную слизь, а снаружи покрыт прочной чешуей. Разработчики гарантировали, что она выдержит укусы тираннозавра. Капитан Волков предпочел бы тираннозавру все-таки не попадаться: прокусить-то он, может, и не прокусит, а расплющит наверняка.

Следом за Волковым на полянку десантировались бойцы: Сколот, Ватсон и Кощей. Конвертоплан развернул винты и улетел. Бойцы разбрелись по лесу, поглядывая на дисплеи винтовок и переговариваясь по радиосвязи. Волков ощущал их веселый азарт. Так, должно быть, чувствовали себя первобытные охотники, преследовавшие добычу в этих лесах тысячелетия тому назад. Нормальная человеческая реакция. Умом Волков ее понимал, но сам ничего подобного не испытывал. Даже в самые острые моменты он сохранял спокойствие и холодноватую рассудительность. Тоже нормальная человеческая реакция — а может быть, ненормальная и нечеловеческая.

Родители Андрея Волкова, чокнутые веганы, имплантировали сыну гены кролика. Сейчас бы за такое посадили, но тридцать лет назад закона о неприкосновенности ДНК еще не существовало. По свету разгуливают бедолаги с эльфийскими ушами, хвостами и синими волосами; Волков, можно сказать, легко отделался. Но лишь на первый взгляд. Его изъян не имел внешнего проявления и, следовательно, четких границ. Люди смотрели на Волкова и гадали, в чем еще, помимо вегетарианства, проявились его травоядные гены.

В результате Волков всю жизнь доказывал, что он не зайка. Драки со сверстниками превратились в рутину; Андрей расчетливо провоцировал ссору, безжалостно бил и равнодушно получал удары. После доброй драки к нему больше не лезли со своей дискриминацией и толерантностью — неизвестно, что хуже.

На призывной комиссии Волкову настойчиво предлагали освобождение от службы. Врачам почему-то казалось, что у Волкова серьезное отклонение. В армию он, разумеется, пошел, и ему даже довелось повоевать, правда, стрелял он не в людей, а в двухголовую саранчу. Получалось неплохо. Волкова наградили медалью и позывным «Дуст».

После армии он устроился на работу в Эконадзор, мирную и скучную организацию, которая занималась в основном розыском пропавших животных. По вживленному GPS-трекеру искать не составляло труда. Случалось, что хозяева избавлялись от питомцев намеренно, и трекера тогда, понятно, не было. Бродячих животных ловили, чипировали и отпускали. Они считались частью городской среды и собственностью города Москвы. Стерильные от рождения, они не могли нанести ущерб экологии и в стаи не сбивались, потому что каждая тварь существовала в единственном экземпляре. А на тот случай, если животное представляло угрозу для человека, у Эконадзора был Дуст и его команда.

Сейчас Волков разыскивал пропавшего Кузю, тихое домашнее создание, похожее на синего кенгуру. За это задание он взялся просто потому, что находился поблизости — его группа уже вторую неделю выслеживала Черемушкинского Маньяка. Существо избегало людей и правильно

делало, иначе бы так долго не протянуло. Черемушкинский Маньяк нападал исключительно на животных, а останки закапывал — из осторожности либо впрок, как крокодил. Захоронения обнаружили по GPS-трекерам жертв. Генетический анализ выявил ДНК из стандартного набора «Птица № 5». Этот набор очень не любили в Эконадзоре, потому что биохакеры делали из него дейнонихозавров.

Также на костях убитых животных нашли следы конических зубов, а на земле и на стволах деревьев — отметины крупных серповидных когтей, по строению принадлежавших скорее самке. Бойцы Эконадзора переименовали Маньяка в Маню.

Студия биодизайна «Китоврас» находилась на минус пятом этаже торгово-развлекательного комплекса «Три башни», рядом с шахтой конвекционного лифта и выходом на станцию метро «Профсоюзная». Слева со студии соседствовал салон живой одежды, а справа — магазин приворотной косметики «Зелья бабки Аграфены».

На открытой витрине павильона «Китоврас» росла трава и стояла белая овечка. Иногда она моргала и переступала с ноги на ногу, и тогда становилось понятно, что овечка живая. Клиент заказал ее в подарок жене на юбилей свадьбы. «Сделайте так, чтобы животное не какало, — попросил он, — а то не романтично». Пришлось затормозить обменные процессы; овечка не какала, не ела и соображала ме-е-едленно. Жена углядела в подарке намек и смертельно обиделась.

Рядом с овечкой лежало круглое меховое создание по прозвищу Пыжик. Оно умело раздуваться в три раза, чтобы казаться страшнее, но люди находили это милым. Пыжика заказали родители в подарок пятилетнему сынишке, а через неделю вернули, потому что ребенок играл живым мячиком в футбол.

Аля поправила волосы, растрепанные воздушным потоком конвекционного лифта, и вошла в студию. За стойкой сидела менеджер Вика, накрашенная ярко, как ядовитая гусеница. Над ее головой висела гирлянда светящихся воздушных шаров — павильон украсили к Дню города.

— Чудненькое платье, — сказала Вика.

Аля скосила глаза себе на грудь. Общение с кошкой не прошло для платья даром: рисунок поплыл, как на картине Сальвадора Дали.

— Сама сделала, Алечка? — продолжала щебетать Вика. — А чьи гены использовала, лягушкины?

— Кошкины, — буркнула Аля и протиснулась мимо Вики в глубь павильона.

Там стояли две автоматки — устройства яйцевидной формы, метра полтора в длину. Одна была пустая, в другой развивался эмбрион. Онтогенез — сложный, нелинейный процесс: одни гены управляют экспрессией других, те управляют экспрессией третьих... Автоматка позволяла контролировать ход процесса с помощью регуляторных белков и гормонов. Из одного стандартного набора генов биодизайнер мог создать совершенно разные организмы.

Аля провела пальцем по крышке автоматки, вызывая виртуальный дисплей, и открыла логи. За ночь у эмбриона сформировались внутренние органы — в полном соответствии с Алиным проектом.

— Алечка, к тебе новый клиент. — Викин голосок оторвал ее от диагностики.

Мужчина кашлянул и провел рукой по волосам — надо лбом они были гуще и темнее, чем на висках.

— Кхм... Аля, да? Ваш менеджер — Вика, да? — сказала, вы можете сделать что-нибудь этакое... кхм, особенное. Такое, чего никто не делает. Цена не имеет значения.

Аля бросила на Вику гневный взгляд. Та прикрылась рукой, пряча выползающую на лицо улыбку. Аля твердо посмотрела клиенту в глаза.

— Я не делаю запрещенных животных. За такое меня оштрафуют и лишат лицензии. А если животное причинит вред человеку, то посадят в тюрьму. И между прочим, я обязана сообщать о подобных заказах в Эконадзор.

— Ничего незаконного, боже упаси! — поспешно сказал мужчина. — У моей невесты через неделю день рождения. Нужен особенный подарок, понимаете? Вика имела в виду, что вы специалист экстра-класса.

С этим Аля внутренне согласилась — без скромности и тщеславия. Она три года отучилась в колледже на био-дизайнера, а после пять лет работала по специальности. Стас, закончивший институт, не упускал случая уколоть Алю, называя простушкой и пэтэушницей. Он ничего не понимал. Аля на одной интуиции творила в автоматке такое, чего доктор биологических наук никогда не рассчитает на суперкомпьютере. У музыкантов бывает абсолютный слух — а у Али было абсолютное чувство онтогенеза.

— Моя невеста — добрая и чистая, — продолжал клиент, — поэтому существо, которое вы создадите, не должно... кхм, э-э...

— Какать, — подсказала Аля.

— Вроде того, — смутился клиент. — И пусть оно сим-волизирует любовь... Знаете что? Сделайте мне такое вот теплое красное сердечко. — Клиент взмахнул руками, рисуя в воздухе стилизованное сердечко.

— А, вы хотите валентинку? В морозильнике есть готовые эмбрионы, выйдет недорого.

На самом деле валентинка — не сердечко, а желудок, и делают ее из набора «Кишечнополостное № 2», но влюбленным об этом лучше не знать. Сердечки пользуются спросом, в конце февраля ими все урны забиты — еще живыми и трепещущими.

— Не годится, — расстроился клиент. — Может, вы что-нибудь посоветуете?

Точка на дисплее, обозначающая пропавшего Кузю, снова скакнула на десять метров. Неплохо прыгает этот кенгуру! Волков прошел по лесу, перемахнул через овраг и остановился у подножия дуба. Вот место, на которое указывает навигатор. А Кузи нет. Волков задрал голову и посмотрел вверх.

Прямо над ним на дереве сидела тварь. Она была размером с человека, если не считать хвоста. Длинную шею венчала вытянутая, как у крокодила, морда, пасть была полна кривых зубов. Когтистые задние лапы цеплялись за ветку, передние тварь держала перед собой, согнув в локтях и запястьях. Когти на пальцах напоминали ятаганы. Тело покрывал тонкий пух, на предплечьях и на бедрах росли длинные жесткие перья. Хвост, прямой и длинный, как древко стрелы, тоже заканчивался опереньем.

Тварь нагнулась, балансируя хвостом, и взмахнула руками, будто собиралась обнять человека. Когти сошлись и разошлись, как лезвия секатора. Волкова спасла реакция биокостюма. Падая на спину, он вскинул винтовку



ФАНТАСТИКА

и выстрелил, но тварь оказалась проворнее. Она переметнулась на ствол дерева, мощно оттолкнулась, взмыла над лесом и скрылась в листве. На землю посыпались срезанные выстрелом ветки.

Сосуды биокостюма ушаченно сокращались, и винтовка никак не хотела становиться на предохранитель.

— Спокойно. Хороший бобик. — Волков почесал чувствительную кожу на шее. — База, вы все видели? Полагаю, это была наша Маня, а Кузя вместе со своим трекером у нее в желудке. Очень удачно. Проследите, пожалуйста, Кузин маршрут.

Минуту спустя в наушнике раздался озабоченный голос:

— Дуст, прием. Кузя, то есть, Маня направляется к Профсоюзной башне. Судя по трекам за последние сутки, у нее логово в подземном торгово-развлекательном комплексе. Нужно срочно эвакуировать гражданских!

— Ни в коем случае, — возразил Волков. — Маня не нападает на людей, если ее не спровоцировать. А начав эвакуацию, вы именно это и сделаете. Давайте подождем до конца рабочего дня. Тогда вы запечатаете комплекс, и мы с ребятами спокойно его зачистим.

Последний заказ был сложным. Если невесте клиента не понравится подарок, она наверняка его выкинет. Да и сроки... За неделю животное не вырастишь, даже по ускоренной программе. Разве что детеныша? Или лучше *неотеника* — чтобы всегда оставался маленьким. Такого пожалеют и оставят. Все любят маленьких; даже монстры не выбрасывают на улицу, пока те не подрастут.

Аля досчитала проект к концу рабочего дня. Можно было заложить стандартный набор в автоматку и уйти домой, но Аля не любила оставлять эмбрион без присмотра на ранних стадиях онтогенеза. На стадии дифференциации тканей наверняка что-то пойдет не по плану. Алин талант в том и заключался, что она угадывала отклонения и умела исправлять их на лету.

Можно было подождать до завтра, но время поджимало, и Аля решила остаться на работе на ночь. Стас бы подобно-го не потерпел. Но теперь Стаса не было, а Шашку можно накормить и отсюда. Аля провела пальцем по поверхности автоматки, подключилась к кухонному принтеру и заказала рыбу. Чтобы поесть, кошке придется вспрыгнуть на стол. Стас бы за такое устроил Але выволочку. Хорошо, что больше не нужно оглядываться на Стаса!

В зале начал меркнуть свет. Аля спряталась за стойкой, чтобы охранник, обходящий комплекс после закрытия, ее не заметил. Сняла с левого запястья браслет телефона и убрала в сейф, который стоял там же, под стойкой. Металлические стенки заэкранируют трекер от RFID-ридеров, и никто не узнает, что Аля здесь.

— И куда подевалась эта зверюга? — пробормотал Ватсон, разглядывая сплетение труб и кабелей сквозь очки ночного видения. Маня, судя по строению глаз, была дневным хищником, поэтому бойцы получали преимущество, выслеживая ее в темноте.

— Ящерюга, — поправил Кощей. — Динозавры были ящерицами.

— Тогда уж птичища, — хмыкнул Сколот. — Может, раньше динозавры и были ящерицами, а теперь их делают из птиц.

— Если она ушла в метро — кирдык коту, — сказал Ватсон.

— Как бы она проскользнула? У нее в животе трекер, а на входе в метро — RFID-считыватели. Ее засекут.

— Логично.

На техническом этаже торгово-развлекательного комплекса не было RFID-ридеров, и Манин след терялся.

— Ну и воняет здесь! — скривился Кощей. — А это что за дрянь? — Он пнул ногой плотный клубок шерсти, из которого торчали обломки костей.

— Это погадка, — радостно сказал Сколот. — Говорил же: птица она, птица. Ни жевать, ни обглаживать не может, поэтому глотает как есть — с костями и шкурой. А потом отрыгивает. Помню, охотились мы на грифона — ты, Кощей, в ту пору еще в стрелялки играл...

— Смотрите, что я нашел! — Ватсон стоял за вентиляционным коробом и указывал дулом винтовки куда-то вниз.

На полу лежал ворох мусора: обрывки пенополиэтилена, махровое полотенце, панама, засаленная спецовка. Сверху в этой куче было сделано углубление, выстланное оберточной бумагой. Вокруг гнезда валялись погадки. Воняло невыносимо.

— Ну и помойка! — Кощей сморщился и поддел ворох ногой.

В тот же миг с потолка сорвалась крылатая тень и спикировала ему на спину. Удар бросил Кощея лицом вниз. Тварь припилила его к полу задними лапами. Сколот вскинул винтовку — тварь взмахнула передней лапой, как фехтовальщик на саблях, и выбила оружие у него из рук. Длинная шея изогнулась, и крокодильи челюсти щелкнули возле самого лица Ватсона. Взмахнув крыльями и хвостом, Маня подпрыгнула, развернулась в воздухе и повисла под потолком, вцепившись в пучок силовых кабелей. Дуст и Ватсон выстрелили почти одновременно, но твари в том месте уже не было — она мчалась прочь по коридору, отталкиваясь от пола, стен и потолка. Выстрелы вспарывали трубы и плавляли изоляцию, ни один не попал в цель.

Вся ночь до утра принадлежала Але, и сердце замирало от восторга. Она любила пустые темные пространства, тишину и одиночество.

За стеной, в салоне живой одежды, кто-то ходил. Аля прислушалась: за стеной хрустело, скреблось и позвякивало. Аля выглянула в зал — ни души. Тихо и темно. Может, почудилось? Аля пожала плечами — и вдруг краем глаза зацепила тень, бесшумно отделившуюся от потолка. Существо перевернулось в воздухе, взмахнуло оперенными конечностями и приземлилось на пол — чисто, как олимпийский гимнаст.

Перед Алей стоял манираптор. Она словно разделилась пополам: у одной Али сердце ушло в пятки, а другая придирчиво рассматривала работу неизвестного биодизай-

нера. Красивая, гармонично спроектированная молодая самка. Тварь тоже изучала Алю, склонив голову набок. Из пасти, корчась в агонии, свисали штанины брюк.

Аля попятилась. Манираптор шагнул следом, клацнув когтями по полу, и протянул руку, словно для рукопожатия — каждый палец оканчивался лезвием. Аля медленно отступила в павильон, отошла за стойку и села на пол.

Нужно достать телефон. Нужно вызвать помощь. Аля принялась водить пальцем по двери сейфа, рисуя графический пароль. Руки тряслись, и сейф не открывался.

Аля посмотрела в щель между столешницей и задней стенкой стойки. Манираптор подошел к открытой витрине. Пыжик угрожающе надулся, овечка стояла смиренно, как неживая. Тварь взяла Пыжика — так наманикюренная дама берет вишенку — и положила в пасть. По горлу прокатился комок.

Затем тварь заинтересовалась овечкой. Поводила носом вдоль тела, изучая. Ткнула мордой в бок. Овечка покачнулась, переступила с ноги на ногу и моргнула. Тварь фыркнула и отвернулась. Что ж, закономерно: существо, которое не ест и не какает, и само несъедобно. Интересно, подумала профессиональная половина Али, как манираптор это определил. По запаху?

Тварь подскочила, взмахнула оперенными руками и взмыла в воздух. Столешница над Алиной головой содрогнулась и просела. Загнутые когти уцепились за край — в двадцати сантиметрах от Алиного лица. Манираптору оставалось лишь спрыгнуть на пол и достать Алю из ее убежища, но он почему-то не торопился.

«Хлоп! — раздалось в тишине. — Хлоп, хлоп-хлоп!» Очень медленно Аля высунула голову из-под стойки. Тварь стояла на цыпочках и тыкала пальцем в светящиеся воздушные шары. Не отрывая взгляда от манираптора, Аля осторожно выползла из-под стойки и на четвереньках попятилась из студии.

Вика просматривала анкеты на сайте знакомств: этот вроде ничего, этот тоже ничего... А в реале, наверно, ужас-ужас. То ли дело Станислав! Красивый, интеллигентный, образованный. Дура Алька счастья своего не ценила. Собака на сене. И почему все приличные мужчины, заходящие в студию, западают не на Вику, а на эту Альку?

Хоть бы ее уволили! А что, это можно устроить. Алька нарушила режим, осталась на ночь на работе. Надо поставить в известность администрацию. Вика открыла сайт торгово-развлекательного комплекса «Три башни» и, смакуя каждое слово, написала жалобу.

В спине Кощея зиял прокол, из которого гейзером выплескивалась кровь. Биокостюм сокращал мышцы, пытаясь закрыть рану, но ему досталось еще сильнее. Спина бобика была изорвана когтями, чешуя содрана с мясом. Прозрачная кровь мешалась с человеческой.

Кощей перевернули — из ноздрей и рта потекли кровавые струи.

— А говорили... тираннозавра... — Кощей закашлялся. — Вот враки...

— Не разговаривай, — велел Волков. — Мы отступаем. Сколот, Ватсон, несете Кощея. Я прикрываю. База, будьте готовы открыть нам выход.

— Дуст, вы не можете уйти, — раздалось в наушнике. — Поступила информация, что в комплексе остался че-

ловек. Минус пятый уровень, Профсоюзная башня, район конвекционного лифта.

— Понял вас, — ответил Волков. — Я проверю. Провожу ребят до выхода, вернусь и проверю.

Клацая когтями, в магазин «Зелья бабки Аграфены» вошел манираптор. Аля съезжилась за прилавком. Хищная тварь покрутилась перед зеркалом у тестер-стенда, ткнула мордой в стекло, фыркнула и отвернулась. Аля нащупала на прилавке флакон духов, поспешно отвинтила крышку и вытряхнула содержимое себе на волосы. В нос ударил сокрушительный цветочный аромат. Еще один пузырек Аля вылила себе на грудь.

Тварь изогнула длинную шею и уставилась на Алю. Подошла, приблизила морду прямо к лицу. Аля замерла и задержала дыхание, чтобы казаться еще несъедобней. Желтый птичий глаз подернулся третьим веком; тварь поводила мордой, принохиваясь. Чихнула и отскочила, тряся головой. Посмотрела недоуменно и обиженно, будто ребенок, которому подсунули стекляшку вместо леденца.

Внезапно за спиной манираптора взорвался стеллаж. Верхушка опрокинулась на пол, на стене вспух багровый, быстро остывающий шрам в пузырях вскипевшего пластика. Пригнувшись, тварь метнулась в сторону, развернулась, скрежеща когтями по полу, прыгнула на стену, на потолок и вылетела из павильона.

Через прилавок перескочил человек в чешуйчатом костюме. В руках у него было страшное ружье с экранчиком.

— Вы не попали, — сказала Аля.

— Боялся вас задеть. — Мужчина протянул руку и помог Але подняться. — Капитан Волков Андрей Александрович, спецназ Эконадзора.

— Аля, то есть Алевтина Капустина. Сергеевна.

Она вцепилась в протянутую руку и не хотела отпускать. Аля-профессионал заинтересовалась биокостюмом. В нем сочетались очень архаичные и очень продвинутые признаки — не похоже, что использовали стандартный генетический набор. Другая, испуганная Аля с надеждой спросила Волкова:

— Вы меня спасете, да?

— Конечно. Скоро придет подкрепление, и мы отправимся домой. А пока я буду вас охранять.

Аля нервно посмотрела по сторонам, поежилась.

— Давайте пойдем домой прямо сейчас, а? Лифт совсем рядом, всего сто метров через зал.

— На открытом пространстве эта тварь может напасть в любой момент, поэтому безопаснее переждать здесь. Согласитесь, это разумно.

— Разумно, — согласилась Аля, и из ее глаз закапали слезы.

Оглядываясь и поводя стволом винтовки, Волков шел через зал к лифту. На левом локте висела Аля и, честно говоря, мешала. И этот запах! Густой аромат духов бил под дых, как боксер-тяжеловес.

Доведя Алю до входа в шахту, Волков встал спиной к дверям и сказал:

— База, мы на месте. Открывайте.

У Али вырвался облегченный вскрик. Она юркнула в щель между разъезжающимися створками, следом вошел Волков, продолжая держать зал под прицелом. Воздушный поток подхватил их и понес вверх.



ФАНТАСТИКА

Шахта конвекционного лифта собирала теплый воздух со всего торгового комплекса и как гигантская вытяжка поднимала его на трехкилометровую высоту. Она охлаждала также третий контур ядерного реактора и хлорелловые культиваторы, спрятанные глубоко под землей. Ствол шахты охватывали кольца безлопастных вентиляторов, которые выравняли и регулировали воздушный поток.

Волков раскинул руки и ноги, чтобы ускорить подъем. Биокостюм сопротивлялся — ему казалось, что он падает, и он пытался сгруппироваться.

И тут в медленно закрывающуюся дверь лифта влетела Маня. Она закувыркалась в воздушной струе, но ловко выправилась и легла на восходящий поток. Течение повлекло ее вверх. Она заложила спираль и понеслась на Волкова, разинув зубастую пасть. Аля вскрикнула и вцепилась в его руку. Они завертелись, теряя высоту, и тварь промчалась мимо. Вытянувшись стрелой, она упала в отвесное пике и снова ринулась на них — теперь сверху.

Волков прижал к себе Алю, чтобы ее не задело выстрелом, вскинул винтовку и открыл огонь. Отдача бросила его вниз и вбок. Он успел развернуться и впечатался ногами в стену, потом спружинил от противоположной — и приземлился на дно шахты. Тело твари, безжизненно танцвякаясь, рухнуло рядом секунду спустя. В воздухе канцеляли перья.

Аля лежала у Волкова на руках. Ее волосы растрепались, глаза блестели. Волков склонился и поцеловал ее.

— Простите, — сказал он, отстранившись. — Мне жаль.

— Вы не виноваты, — ответила Аля. — Это все духи с феромонами.

Волков никак не мог закончить отчет. Хоть убей, не входило писать про Алю сухим языком официального документа. Неужели виноваты феромоны? Любой бы другой на месте Волкова пожал плечами и посмеялся. В конце концов, мало ли женщин пользуется духами с феромонами — а он до сих пор ни в одну не влюбился. Не в этом, получается, дело.

Однако для Волкова внешние воздействия были большой темой. В нем с рождения сидели инородные гены, и Волков не знал, как далеко простиралась их власть. Он привык препарировать свои чувства, отсекая все, как ему представлялось, навязанное и принужденное. Точно также надлежало поступить с этой биохимической любовью — отбросить и забыть. Но возникшее чувство казалось таким настоящим, что становилось страшно. Волков не видел четкой границы, по которой следовало произвести разрез. Возможно, той границы не существовало вовсе, и он, вооруженный скальпелем самоанализа и тисками самоконтроля, лишь калечил сам себя? Пора с этим завязать. Хватит.

Дверь приоткрылась, и в кабинет заглянул Сколот.
 — Дуст, пойдём помянем.
 — Кого? — рассеянно откликнулся Волков.
 — Гошу.
 — Кого?
 — Кощеева бобика, — пояснил Сколот. — Его звали Гоша. Уже все принесли, накрыли, ждём тебя. Пойдём помянем по-человечески.
 — Пойдём, — согласился Волков, продолжая размышлять о своем.

Волков понюхал цветы, его передернуло, и он сунул букет в урну.

Этот букет был уже третий по счёту. Первый он выкинул потому, что глупо дарить одному биодизайнеру плод трудов другого биодизайнера. А второй — потому, что испытание, через которое они прошли вместе с Алей, сделало их кем-то вроде боевых товарищей. Заявиться к ней с цветами? Это как в больницу к выздоравливающему Кощю притащить йогурт вместо пива.

Волков переступил порог павильона «Китоврас». Внутри находилась Аля и ещё какая-то девушка. Аля работала, склонившись над блестящим яйцеобразным агрегатом. Волков приблизился, и Аля подняла голову.

— Вы? — удивилась она. — Пришли?

— Я долго размышлял над вашими словами, — сказал Волков, — и думаю, что дело не только в феромонах. А даже если и в них...

Аля сконфуженно водила пальцем по металлической поверхности прибора. Из-под пальца выскакивали сообщения об ошибке. Волков нахмурился:

— Что-то не так?

— В тех духах были цветочкины феромоны, — сказала Аля. — Они действуют исключительно на пчелок.

— Зачем же вы ввели меня в заблуждение? — рассердился Волков.

— А вы? — столь же негодуя ответила Аля. — Зачем вы сказали, что вам жаль?

Оказалось, у Андрея полно недостатков.

Во-первых, он сердился, когда Аля задерживалась на работе. А сам-то! Его могли выдернуть на задание посреди ночи или из гостей. Да что там! Свадебное путешествие испортили, не постеснялись.

Во-вторых, Андрей не любил Шашку. Нет, он ее не обижал, но, судя по ряду признаков... Аля измучилась гадать и как-то раз спросила напрямую.

— Люблю, — отвечал Андрей.

— Что же ты ее никогда не погладишь, не возьмешь на ручки?

— Давай лучше я поглажу тебя, — предложил Андрей и провел рукой по Алиной спине.

У Али по телу побежали мурашки, мысли перепутались, и она позволила Андрею увести разговор в другую плоскость.

Наконец, у Андрея не доходили руки поставить спам-фильтр, и в квартиру то и дело залетали рекламные птицы и насекомые. Впрочем, это мелочи — с этим Аля справится сама.

Она взяла рамку с натянутой на нее сеткой и вставила в оконный проем.



Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

Ричард Докинз

Расширенный фенотип:
длинная рука гена
АСТ, 2014



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

Карл Циммер

Эволюция. Триумф идеи
Альпина нон-фикшн, 2013



Один из лучших научных журналистов нашего времени со свойственными ему основательностью, доходчивостью и неизменным юмором дает полный обзор теории эволюции Чарльза Дарвина в свете сегодняшних представлений и научных открытий. Эта книга рассказывает о новейших исследованиях эволюционных процессов, показывает, как современная наука расширяет и углубляет теоретическое наследие Дарвина.

Эти книги можно приобрести
в Московском доме книги.

Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,
тел. (495) 789-35-91

Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru



Создание ХИМПРОИЗВОДСТВА



Как использовать возможности импортозамещения для развития? Организовать инновационное химическое производство, ведь химическая промышленность — наиболее эффективная с этой точки зрения отрасль: многие вещества, реагенты, полупродукты и готовую химическую продукцию мы в состоянии делать на своей территории из отечественных компонентов. А для того чтобы найти верное решение, требуется обратиться к специалистам, которые имеют опыт создания таких производств на основе сотрудничества с лидерами отечественной науки. Одно из таких предприятий — инжиниринговая компания «Химические системы».

Эту компанию в 2001 году основали выпускники химико-технологического факультета Уральского политехнического института (УГТУ-УПИ) в качестве дилера крупнейшего российского завода химического машиностроения – ОАО «Уралхиммаш». К 2004 году стало ясно, что оборудование для химических процессов зачастую нужно разрабатывать под конкретное производство. Так было принято решение перейти к инжиниринговой бизнес-модели, когда специалисты имеют дело не со стандартным оборудованием, а решают задачу повышения эффективности технологических процессов заказчиков. Теперь компания оказывает комплекс услуг, связанных с разработкой технологий производства химической продукции, а также с созданием или оптимизацией промышленных объектов.

Работа подразумевает несколько этапов.

— Разработка исходных данных для проектирования и создания технологических регламентов на производство товарной химической продукции, разработка или подбор базовых технологий. Это компания делает в сотрудничестве с Химико-технологическим институтом УрФУ, Уральским государственным лесотехническим университетом, Институтом химии твердого тела УрО РАН и другими научно-исследовательскими организациями.

— Разработка конструкторской документации и изготовление нестандартизированных машин, аппаратов и установок по индивидуальным требованиям. В числе прочего газоочистное, выпарное, колонное и реакторное оборудование, автоклавы, сосуды и аппараты высокого давления, аппараты с вращающимися барабанами.

— Поставка стандартизированных машин и аппаратов импортного и российского производства с комплексом инжиниринговых услуг.

— Разработка комплексной проектно-сметной документации на техническое перевооружение, реконструкцию или новое строительство промышленного объекта. Возможна дальнейшая реализация проекта «под ключ», то есть выполнение функций как генерального проектировщика, так и генерального подрядчика.

С 2003 года компания реализовала более 150 проектов по всей территории РФ. Подробная информация, в том числе полный список проектов и свидетельства о допуске к строительным или проектировочным работам (допуск СРО), — на сайте www.chems.ru.

Если вы хотите создать высокотехнологичное и финансово эффективное производство, обращайтесь по адресу:

Россия, 620131, гор. Екатеринбург, ул. Татищева, 100, оф. 7.
Тел.: (343) 214-05-96, (343) 214-44-10, (343) 214-08-69, (343) 214-08-67, (343) 214-08-68.

Сайт: www.chems.ru E-mail: post@chems.ru

А.А. Кудряшов,
генеральный директор компании «Химические системы»

ИНФОРМАЦИЯ

Примеры разработанных технологий

- Производство сульфата цинка.
- Переработка соломы льна сорта «Северный» в сырье для производства бумаги.
- Переработка загрязненных гипсовых шламов, содержащих ванадий и марганец.
- Очистка природных и сточных вод от шестивалентного хрома.
- Химическая регенерация отработанных травильных растворов.
- Получение крупнокристаллического трехкальциевого гидроалюмината (гидрограната).
- Очистка теплотехнического оборудования от отложений сульфата кальция.
- Умягчение жестких сточных вод для опытно-промышленной выпарной установки.

Краткий список проектов, реализованных либо находящихся на стадии реализации

- Проект производства сульфата цинка (Челябинский химический завод «Оксид»).
- Разработка конструкторской документации и изготовление экспериментальной установки для отработки технологических режимов производства модификаторов базовых полимеров («НИОСТ», СИБУР).
- Проект завода по производству одноразовой посуды (ООО «Папирус»).
- Разработка проекта технического перевооружения склада ЛВЖ (ООО «Уральский завод пластификаторов»).
- Разработка проектной документации завода по производству 30 млн штук керамического кирпича нормального формата в год (ООО «Малоархангельский кирпичный завод»).
- Проектирование производства химического машиностроения (ООО ПО «Промформа»).
- Проектирование производства литейных смол (ООО «Уралхимпласт Кавенаги»).
- Проектирование завода горячего цинкования, услуги генподрядчика (ООО «СетьСтройКонструкция»).
- Проектирование, монтаж и пусконаладка системы золоудаления (Верхнетагильская ГРЭС ОГК-1).
- Проект производства замедлителя горения «Бизон» (ООО «Пермская химическая компания»).
- Проектирование, изготовление и монтаж установки для сушки оборотного шлама (ЗАО «Русский хром 1915»).

ИНЖИНИРИНГОВАЯ КОМПАНИЯ
ХИМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
— СОЗДАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

О катализе всерьез

Доктор
химических наук

О.Л.Каля,

Доктор
химических наук

О.Н.Темкин

Статья А.А.Вакулки «Рассказ о катализе» («Химия и жизнь», 2015, № 10) претендует на изложение определенной концепции современного состояния науки о катализе и путей ее развития. Нас побудило написать эту заметку ошибочное, по нашему мнению, отражение в статье положения дел в этой серьезной науке, одном из важнейших драйверов развития химии и жизни.

Главное заблуждение автора — это иллюзия, будто ученые, работающие в области катализа, «строят» общую теорию катализа и показатель их успешности на этом пути крайне низок. На самом деле с конца 60-х годов XX века никто такую теорию не строит. В 1960 году на Втором конгрессе по катализу в Париже Деннис Дауден представил последнюю «общую теорию катализа» — приложение теории кристаллического поля к гомогенному и гетерогенному катализу. Именно с этого момента химики стали активно использовать квантово-механические методы в катализе так же, как их до этого использовали в химии вообще. Дальнейшие дискуссии об «общих» теориях прекратились, и фундаментальная наука о катализе начала развиваться как систематическое исследование конкретных механизмов и катализаторов гомогенных и гетерогенных каталитических процессов. Также начали развиваться физические методы исследования реакций в растворах и на поверхности катализаторов (О.В.Крылов. Катализ на пороге XXI века (Памяти О.В.Крылова). / Сб. Наука как образ жизни. М.: Калвис, 2010, 149—162). После того как были исследованы механизмы вновь открытых каталитических реакций окисления олефинов в 1959—1960 годах (И.И. Моисеев. π -Комплексы олефинов в жидкофазном окислении. М.: Наука, 1970), стало особенно ясно, что каталитический процесс — не более чем стадийная совокупность обычных химических реакций органической, неорганической и элементоорганической (металлоорганической) химии, проходящих в растворах и на поверхности твердого тела. Только организованная таким образом, что на последней стадии процесса регенерируется один из исходных реагентов — катализатор. Это представление экспериментально под-

тверждено для огромного количества процессов кислотного, нуклеофильного, органического (органокатализ), гомогенного металлокомплексного, ферментативного и гетерогенного катализа. Химическая природа гетерогенного катализа на металлах и оксидах металлов установлена работами Г.К.Борескова, Габора Соморджая, лауреата Нобелевской премии 2007 года Герхарда Эртля, О.В.Крылова, Дэвида Кинга и другими нашими и зарубежными учеными.

Несомненно, пространственное и электронное строение всех участников реакции (субстрата, катализатора и интермедиатов), как правильно сообщает автор статьи «Рассказ о катализе», играют большую роль на всех элементарных стадиях процесса: они определяют их термодинамику, химические потенциалы переходных состояний и в целом реакционную способность промежуточных соединений. Однако эти факторы не специфичны только для каталитического процесса или важны не только в них. Поэтому геометрический подход не настолько важен, а мультиплетная теория А.А.Баландина во многом сегодня интересна лишь с исторической точки зрения.

Новейшие физико-химические методы позволяют сегодня наблюдать и надежно определять промежуточные соединения (интермедиаты) и в объеме гомогенной каталитической системы (О.Н.Темкин. Homogeneous Catalysis with Metal Complexes. Kinetic Aspects and Mechanisms. Wiley&Sons, 2012), и на поверхности гетерогенного, в том числе металлического, катализатора (обзоры: F.Zaera. Chem. Rev. 1995, 95, 2651; В.Е.Вент. Chem. Rev. 1996, 96, 1361; О.В.Крылов, В.А.Матышак. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. М.: Наука, 1996). Активно развиваются *in situ* физические методы

изучения интермедиатов и механизмов реакций. Так, например, с помощью ионного проектора (Field Ion Microscopic Studies) можно в реальном времени наблюдать на поверхности металлического катализатора адсорбцию молекул монооксида углерода, фасетирование и реконструкцию поверхности, адсорбцию кислорода и превращение адсорбатов и даже динамическую перестройку поверхностных слоев кристалла (Г.Эртль, В.В.Городецкий и др.). Возможности современных методов структурного анализа катализаторов и интермедиатов можно проиллюстрировать хотя бы тем, что расшифровано уже более 50 структур активных центров сложнейших биокатализаторов-ферментов. Так или иначе, все инструментальные и кинетические методы исследования каталитических процессов неизменно подтверждают, что их механизмы включают много стадий (10, 20 и более). Соответственно в них участвует большое количество промежуточных соединений, причем конкретный набор стадий для одного и того же процесса может зависеть от природы катализатора.

Новый этап в понимании механизмов каталитических процессов на атомно-молекулярном уровне, как последовательности обычных химических реакций, наступил также благодаря прогрессу квантово-химических методов расчетов поверхностей потенциальной энергии, то есть энергетических профилей реакции. Стало возможно рассчитывать энергетические профили для гомогенных процессов любой сложности с участием металлокомплексного катализатора или с участием группы атомов (кластера) на поверхности гетерогенного катализатора. Исследователи сопоставляют экспериментальные кинетические данные с результатами расчетов гипотетических механизмов реакций. Определенное таким образом соответствие одной из гипотез эксперименту позволяет, с одной стороны, идентифицировать механизм, а с другой — выявить оптимальный катализатор для данного механизма. Тем самым «общая теория катализа»

сводится к теоретической химии вообще, и, в частности, к результатам исследования реакционной способности участников каталитического процесса в элементарных химических реакциях, из которых и складывается каталитический цикл. Впечатляющих успехов достиг квантово-химический анализ механизмов гомогенных (S.Kozuch. WIREs Comput. Mol. Sci., 2012, 2, 795), а также гетерогенных (J.A. Dumesic et al. The Mikrokinetics of Heterogeneous Catalysis. ACS. Washington. DC, 1993) каталитических процессов.

Каталитическая химия уже давно не «черный ящик», как это утверждает автор статьи, — она, как и некаталитическая химия, подчиняется единым законам строения, термодинамики и кинетики. Конечно, реальный выбор катализаторов, особенно в гетерогенном катализе, иногда не так прост — слишком много факторов влияет на эффективность работы катализатора. Поэтому для гетерогенных (главным образом неметаллических) катализаторов проблема теоретической оптимизации составов и, конечно, методов их при-

готовления еще ждет своего решения. Тем не менее пути выбора катализаторов и проблемы в химии поверхности и в химии твердого тела, которые надо решить, в достаточной степени ясны. Таким образом, теоретическая химия молекул, сложных веществ, различных каталитических материалов и элементарных реакций — и есть основа теории катализа.

Из всего вышеприведенного следует, что скепсис автора статьи «Рассказ о катализе» по поводу «так называемого химического подхода» совершенно не обоснован. В середине прошлого века в науке о катализе химический подход утвердился в качестве основной парадигмы каталитической химии.

В статье «Рассказ о катализе», за исключением бесспорных исторических фактов и известных примеров каталитических процессов, довольно много абзацев, которые можно было бы покритиковать. Некоторые термины использованы совсем не так, как это принято в научной литературе: например, ошибочно определение равновесной реакции, в теории механизмов



ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

реакций нет терминов «промежуточное состояние», «переходный комплекс» и др. Однако мы старались придать нашей заметке концептуальный характер, поэтому в ней невозможен детальный анализ текста.

Главное, чтобы у студентов и аспирантов, а также вообще у всех читателей, интересующихся этой темой, не возникло неправильного представления о большой, очень интересной и важной области химии и химической технологии, которая успешно развивается.



Московский Дом Книги

СЕТЬ МАГАЗИНОВ

**Ж.А.Медведев,
Р.А.Медведев**

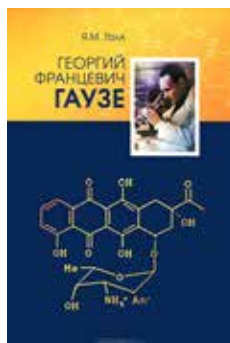
Взлет и падение Г.Д.Лысенко.
Кто сумасшедший?
Время, 2012



Книга «Взлет и падение Лысенко», озаглавленная в первой редакции 1962 года «Биологическая наука и культ личности», широко циркулировала в самиздате, многократно дополнялась в 1963—1966 гг. Самиздатский вариант оказал существенное влияние на восстановление в СССР классической генетики и традиционных научных исследований в биологии, способствуя ликвидации псевдонаучных теорий.

Яков Галл

Георгий Францевич Гаузе (1910—1986)
Нестор-История, 2013
АСТ, 2013



Книга представляет собой первую научную биографию одного из самых выдающихся ученых XX века — Георгия Францевича Гаузе, автора фундаментальных исследований в области экологии, теории эволюции, стереоизомерии клетки. Он сформулировал закон Гаузе, или принцип конкурентного исключения, который стал теоретическим фундаментом современной экологии.



КНИГИ

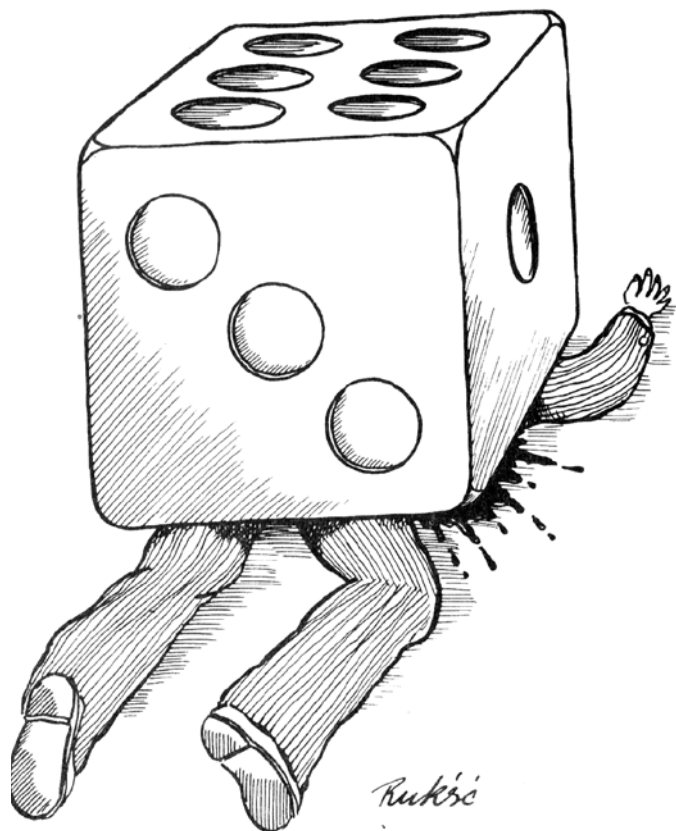
Фрэнк Райан

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



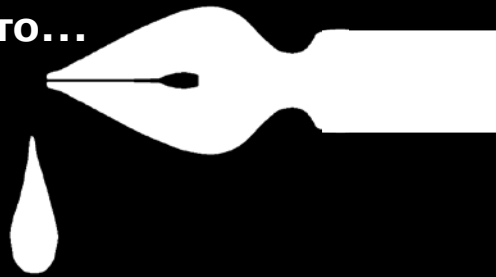
Основная идея этой книги шокирует. Все живое на планете, в том числе люди, существуют в симбиозе с вирусами, эволюционируют вместе с ними и благодаря им выживают. Вирусы, их производные и тесно связанные с ними структуры составляют как минимум сорок три процента человеческого генома. Но как вирусы встроились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

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



Художник Волдемар Рукош

Пишут, что...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Купи билет

Такой совет свыше получил герой анекдота, несколько лет моливший о выигрыше в лотерею. Видимо, у человека все эти годы было плохое настроение и не случилось никаких приятных неожиданностей, иначе он обязательно преодолел бы нелюбовь к риску и доверился фортуне. Значение приятных неожиданностей как фактора, увеличивающего объем продажи лотерейных билетов, обнаружили американские и британские исследователи во главе с Россом Отто из университета Нью-Йорка (того, что город, а не штат).

Они собрали статистику по спортивным играм за период с 2010 по 2012 год — футболу, хоккею, баскетболу и другим, в которых принимали участие команды из Нью-Йорка. Исследовали как число побед и поражений, так и то, насколько высокими считали аналитики шансы ньюйоркцев на победу. С помощью этих данных определили дни, когда городская команда побеждала неожиданно для всех. Другая статистика учитывала, как часто синоптики говорили «завтра пасмурно», а на самом деле день оказывался солнечным.

Далее обе выборки сравнили со статистикой продажи лотерейных билетов. Оказалось, что одновременно с приятными неожиданностями — победой родной команды вместо поражения или ясным небом вместо пасмурного — продажи билетов статистически значимо росли на полпроцента. «Может показаться, что это совершенно незначительный результат. Но это не так, ведь в Нью-Йорке проживает восемь миллионов человек, и эти полпроцента оборачиваются полутора сотнями тысяч долларов, — отмечает Росс Отто. — Главное же в том, что мы еще раз убедились: склонность человека к риску подчиняется сложным закономерностям, их удается выявить лишь при анализе больших массивов данных, которые невозможно получить в лабораторных экспериментах. Так сказать, изучая психологию в дикой природе».

С.Анофелес

...открыта самая яркая на сегодня сверхновая звезда ASASSN-15lh («Science», 2016, 351, 6270, 257—260, doi: 10.1126/science.aac9613)...

...впервые за полвека в Антарктиде будет начат проект, цель которого — изучение облаков («Nature», 2016, 529, 7584, 12, doi: 10.1038/529012a)...

...с 1975 по 2010 гг. на реках европейской части России увеличился зимний сток, в некоторых случаях более чем вдвое, что связано со смещением дат установления зимней межени, то есть низкого уровня воды, частыми зимними оттепелями и снижением водопотребления; уровень подземных вод поднялся на 50—130 см («Водные ресурсы», 2015, 6, 42, 581—588)...

...использование беспилотных вертолетов для тепловизионной съемки поможет обнаруживать зоны стихийных бедствий и техногенных аварий, а также оценивать их масштабы («Исследования Земли из космоса», 2015, 5, 84—92)...

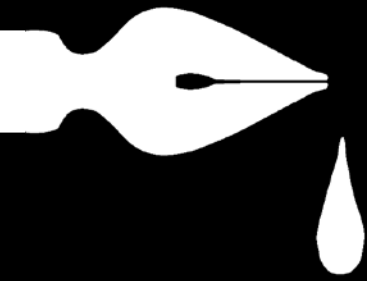
...на взаимные инвестиции в вывозе капитала из стран БРИКС приходится всего 2,5% («Известия РАН. Серия географическая», 2015, 5, 20—26)...

...как показано в опытах на мышах, молоко, полученное от коров ночью, с высоким содержанием триптофана и мелатонина, обладает седативным и противотревожным действием, а также усиливает действие фенотарбиталя («Journal of Medicinal Food», 2015, 18, 11, 1255—1261. doi:10.1089/jmf.2015.3448)...

...с пылью ветроопыляемых растений могут быть ассоциированы дрожжевые грибки, что повышает ее аллергенность («Микробиология», 2015, 84, 5, 612—615)...

...циркадные часы культурных сортов помидора отстают по сравнению с дикими («Nature Genetics», 2016, 48, 8—9, doi:10.1038/ng.3476)...

...на стенах храма Покрова на Нерли обнаружена серия рисунков, к одному из которых есть подписи — скорее всего, это диалог двух подростков, некоего Костяни, большого любителя рисовать лошадей, и его собеседника («Российская археология», 2015, 4, 141—148)...



...при анализе ЭЭГ индикаторами высокого интеллекта в младшей возрастной группе являются высокие значения мощности биопотенциалов в альфа-3-диапазоне и низкие — в бета-1 («Журнал высшей нервной деятельности», 2015, 6, 65, 699—705)...

...при длительном воздействии профессиональных стрессоров у сотрудников полиции может развиться личностная деструкция, выраженная на начальной стадии неадекватным избирательным реагированием, редукцией профессиональных обязанностей и эмоциональным дефицитом на стадии истощения («Медицина труда и промышленная экология», 2015, 12, 37—41)...

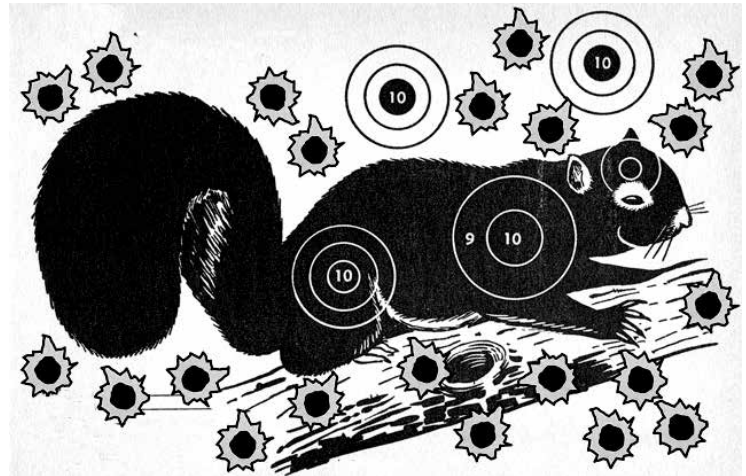
...ведущие факторы развития рака молочной железы у женщин Омской области — употребление более трех чашек черного чая в день, ранний возраст начала употребления алкоголя, избыточная масса тела («Гигиена и санитария», 2015, 8, 94, 2015, 48—52)...

...разработана система для химического накопления и хранения солнечной энергии, позволяющая в дальнейшем рационально ее расходовать по мере необходимости; прозрачную полимерную пленку можно размещать на любых поверхностях, в частности на окнах и одежде («Advanced Energy Materials», 2016, doi: 10.1002/aenm.201502006)...

...удалось подтвердить, что богомолы *Sphodromantis lineola* имеют объемное зрение, с помощью специально сделанных для них 3D-очков; так как красный цвет они различают плохо, одно «стеклышко» было синим, другое зеленым («Scientific Reports», 2016, 6, 18718, doi:10.1038/srep18718)...

...в синтезе феромонов, приказывающих рыжим тараканам *Blattella germanica* собираться вместе, ведущую роль играют бактерии их кишечника («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2015, 112, 51, 15678—15683, doi: 10.1073/pnas.1504031112)...

...исследования методом фМРТ мозга людей, которые всегда празднуют Рождество, и контрольной группы, не отмечающей этот праздник, позволили локализовать участки коры мозга, ответственные за дух Рождества («British Medical Journal», 2015, 351, doi: 10.1136/bmj.h6266)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Чужеродные белки

Виды-вселенцы, попавшие в тот или иной биотоп извне, — следствие глобализации: далекие путешествия стали простыми не только для людей. Вселенцы приезжают и с балластными водами судов, и с грузами. Зачастую же люди сознательно привозят из дальних странствий экзотическую зверушку или цветочек. И если домашние любимцы попадают на волю, может начаться неконтролируемое размножение: естественных-то врагов на новой территории у них нет. Вот, например, серые белки в Англии.

Эти белки принадлежат к североамериканскому виду *Sciurus carolinensis* и появились на острове еще во времена королевы Виктории. (Кстати, Дж.Р.П.Толкиен в «Хоббите» населил черными белками весьма странную часть своего мира — Сумеречье. Черные экземпляры *S. carolinensis* встречаются довольно часто.) Врагов на новом месте у них мало — одна лишь куница. Вдобавок они привезли с собой беличью оспу, которой сами не болеют, а вот обычные для Европы рыжие белки *Sciurus vulgaris* от этого вируса страдают. В итоге к началу XXI века серые белки размножились до 3 млн. особей, а число рыжих упало до 160 тысяч. Серые белки освоили всю Англию и Уэльс и стоят на границе Шотландии, последнего пристанища рыжих британских белок. Ситуация даже обеспокоила королевскую фамилию: в 2009 году принц Чарльз призвал подданных спасти старую добрую Англию и начать отстрел серых белок.

Но вот пришла пора геномных исследований, с помощью которых можно проследить происхождение популяций. Стараниями доктора Лизы Синьориле, работавшей над диссертацией в лондонском Королевском колледже, очередь дошла до серых белок (агентство «AlphaGalileo», 26 января 2016 года). Оказалось, они наступают не единым фронтом, как считали до сих пор: популяция серых белок сильно фрагментирована, то есть они происходят не от одного корня. Более того, родственные популяции иногда разделены сотнями километров. Белке преодолеть такое расстояние не под силу.

Из этого следует, что успеху серых белок способствует не отсутствие врагов, не отличная адаптация к британским условиям, а люди. Они заводят серых белок в качестве домашних животных, дарят их друзьям и тем самым способствуют как выживанию вселенцев, так и их распространению. Особенно постарался 11-й герцог Бедфордский Хербрандт Рассел: он раздаривал серых бельчат друзьям и коллегам по природоохранной работе и лично принес серых белок в лондонский Риджент-парк.

Другой аналогичный сюжет связан с черепахами, вторгшимися на юг Европы. Люди заводят североамериканских черепах с красивыми желто-оранжевыми полосками на голове, черепахи убегают из домов и селятся в дикой природе, причем даже холодный климат им не помеха. Процесс начался в 90-х, а теперь экологи бьют тревогу: есть опасность, что пришедшая черепаха вытеснит местных (агентство «AlphaGalileo», 22 января 2016 года).

А.Мотыляев



С.П.СЕЛИВЕРСТОВУ, Новосибирск: *Тоники с хинином действительно светятся в ультрафиолете, но вовсе не из-за «химии», а из-за сугубо натурального хинина.*

Р.М.БОБРОВОЙ, Москва: *Соляные разводы с кожаной обуви можно удалить спиртом или маслом, и чем быстрее это сделать, тем лучше будет результат; водоотталкивающий крем или пропитка защитят от разводов, а вот «универсальные» силиконовые губки для обуви зимой лучше не использовать, их пропитка не холодостойкая.*

А.Н.СЕМЕНОВУ, Кировск: *Если спортивную куртку из мембранной ткани нельзя стирать обычными стиральными порошками, то мыло тем более нарушит циркуляцию воздуха в порах, придется купить фирменное средство; кстати, некоторые ученые сомневаются, стоит ли игра свеч, см. статью «Потный парадокс» в нашем январском номере.*

Л.С.ГРИНЕВСКОЙ, Санкт-Петербург: *Красным рисом называют сорта обычного риса с высоким содержанием антоцианов, его неочищенные зерна имеют красноватый цвет; такой рис выращивают, например, в Камарге (Франция).*

АННЕ, электронная почта: *Хиноманноза, которая содержится в грибах лисичках, — это обычная D-манноза в составе некоторых гликопротеинов и липидов; в англоязычной литературе термин почти не встречается.*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: В статье «Рассказ о катализе» опубликованной в № 10 за 2015 год, была допущена ошибка: реакция дегидрирования (отщепление водорода) ошибочно названа реакцией дегидратации (отщепление воды); автор приносит свои извинения.

ПОДПИСЧИКАМ: Мы просим вас указывать при оплате почтовый адрес, на который следует доставлять журнал, не ради лишней бюрократии; дело в том, что банк сообщает нам адрес прописки плательщика, и, если вы хотите получать журнал по другому адресу, это нужно подчеркнуть.

ПИСАТЕЛЯМ: «Химия и жизнь» по-прежнему не принимает к публикации ни стихов, ни повестей, ни романов; только фантастические рассказы не более 30 тысяч знаков и СТРОГО через конкурс, который начнется осенью на сайте СамИздат (<http://samlib.ru/>).

Постоянная, которую не рассчитывал Лошмидт

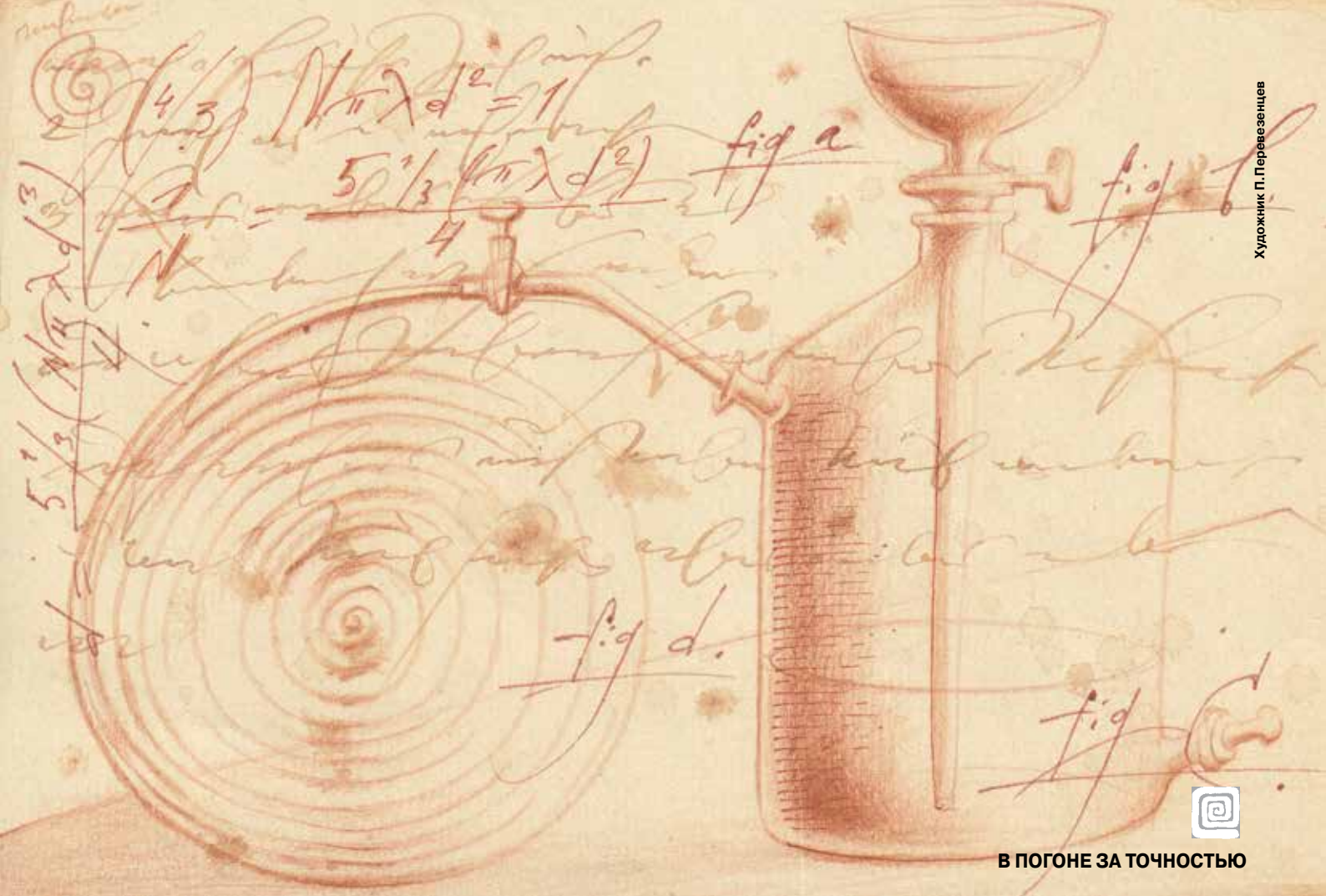
Статья Лошмидта «О размерах молекул воздуха» была опубликована в 1865 году в журнале «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Wien». Он исходил из кинетической теории газов и плотности жидкого воздуха. Однако впервые жидкий воздух был получен Луи Кальете и независимо Раулем Пикте лишь в 1877 году, поэтому Лошмидту пришлось оценивать нужную величину, исходя из свойств других веществ, известных и в виде жидкости, и в виде газа. Как он это сделал?

В газах расстояние между молекулами намного превышает их диаметр. Если считать молекулы сферами и пренебречь притяжением, то можно вычислить давление, теплопроводность, скорость звука, среднюю скорость молекул и кинетическую энергию; это сделали Рудольф Клаузиус, Джеймс Максвелл и Оскар Мейер. Однако размер молекул они не обсуждали.

В 1860 году Максвелл, исходя из кинетической теории газов, вывел формулу, которую Клаузиус модифицировал и представил в виде $(4/3)N\pi\lambda d^2 = 1$, где N — число молекул в единице объема (1 см^3), λ — средний свободный пробег молекул между столкновениями, d — диаметр молекул. Величину $1/N$ (объем, приходящийся в газе на одну молекулу) Лошмидт назвал «молекулярным объемом газа» и написал: $1/N = 5\frac{1}{2}(\pi\lambda d^2)/4$. Отсюда для диаметра молекулы получаем $d = 5\frac{1}{2}(N\pi\lambda d^2)/4 = 8 \times N\pi\lambda d^2/6$. Поскольку объем одной молекулы равен $\pi d^3/6$, величина $N\pi d^3/6$ равна объему N молекул, находящихся в непосредственном контакте. Назовем объем, фактически занимаемый молекулами в 1 см^3 газа, коэффициентом конденсации газа ε . Тогда диаметр молекулы связан с коэффициентом конденсации соотношением $d = 8\varepsilon\lambda$. То есть диаметр молекулы в восемь раз больше среднего свободного пробега, умноженного на коэффициент конденсации. Этот коэффициент можно в первом приближении оценить, разделив объем жидкости на объем того же количества газа, который значительно больше. Объемом пространства между молекулами в жидкости допустимо пренебречь. Этот свободный объем зависит от упаковки молекул. При плотной упаковке сфер они занимают лишь немногим больший объем (примерно в 1,17 раза), чем следует из коэффициента конденсации, но при наиболее свободной упаковке различие возрастает до 1,91. Для несферических молекул верхняя оценка будет больше. Лошмидт использовал неверный коэффициент упаковки шаров 0,855, тогда как он равен 0,740, однако это не изменяет существенно сделанных им выводов.

Можно также предположить, что, когда в жидкости молекулы касаются друг друга, расстояние между их центрами такое же, как при столкновении этих молекул в газе. На это указывает малая сжимаемость жидкостей. Лошмидт применил при расчетах известные из литературы коэффициенты конденсации (отношение мольного объема жидкости к мольному объему идеального газа при нормальных условиях; в скобках даны современные значения), например: H_2O — 0,00081 (0,000803), NO — 0,00154 (0,00133), NH_3 — 0,00102 (0,00111), CO_2 — 0,00204 (0,00178). Жидкого воздуха в 1865 году, как мы упоминали, еще не получили, плотность его была неизвестна, однако только для воздуха имелись сравнительно надежные данные по величине λ . Поэтому Лошмидту нужно было определить ε , для чего он использовал аддитивный метод, разработанный немецким химиком Германом Коппом: плотность жидкости рассчитывается как сумма вкладов каждого атома в молекулу. Сам Копп рассчитывал эмпирические константы для вещества на основании опытов, которые проводил с 1841 года. Лошмидт модифицировал константы Коппа; так, для атома С он получил вклад, равный $14 \text{ см}^3/\text{моль}$, для N — $12 \text{ см}^3/\text{моль}$ в оксидах и $14 \text{ см}^3/\text{моль}$ в цианогруппе и т. д. Лошмидт провел подобные расчеты, воспользовавшись литературными данными для 109 соединений, в основном органических, чтобы показать адекватность модели аддитивных вкладов.

Предположив, что вклады азота и кислорода в воздухе аддитивны (как будто это одно вещество состава $\text{N}_{77}\text{O}_{23}$), а также зная отношение плотностей воды и воздуха, Лошмидт для коэффициента конденсации воздуха получил значение 0,000866. Чтобы рассчитать диаметр молекул, нужно знать их средний свободный пробег. Эту величину (0,062 мкм) вычислил в 1860 году Максвелл, исходя из



В ПОГОНЕ ЗА ТОЧНОСТЬЮ

коэффициента вязкости воздуха, измеренного Стоксом. Лошмидт принял $\lambda = 0,140$ мкм (современное значение для азота $0,0654$ мкм). Из этих данных можно было оценить диаметр молекул воздуха: $d = 8 \cdot 0,000866 \cdot 0,140 = 9,70 \cdot 10^{-4}$ мкм = $0,97$ нм. Как писал Лошмидт, «круглым счетом одна миллионная миллиметра, что является лишь грубым приближением, которое, однако, не должно отличаться от истинного более, чем на порядок величины». Действительно, современное число для молекул азота и кислорода всего в три раза меньше. А если бы Лошмидт применил для среднего свободного пробега более правильные данные Максвелла, определил бы $d = 8 \cdot 0,000866 \cdot 0,062 = 4,3 \cdot 10^{-4}$, лишь на 30% больше правильного значения.

В заключение Лошмидт рассуждает о смысле полученных им оценок. Он указывает, что как километр — подходящая единица для самых больших расстояний на Земле, так миллионная часть миллиметра (примерно $1/700$ длины волны красного света) выражает размеры в царстве атомов и молекул. При этом молекулы, содержащиеся в объеме 1 мм^3 , на плоскости займут площадь 1 м^2 ! Лошмидт также рассуждает о размерах биомолекул, клеточных мембран и т. д. Но самое удивительное, что он идет дальше и говорит о возможности рассматривать атомы, например, водорода и кислорода, как «конгломераты многих более мелких частиц» — за 32 года до открытия электрона и за 44 года до открытия атомного ядра!

А где же ставшее знаменитым «число Лошмидта» (оно же постоянная Лошмидта), то есть число молекул в единице объема? В статье о нем нет ни слова! Хотя в Большой Советской энциклопедии написано: «Лошмидт... впервые определил число молекул в единице объема газа, исходя из кинетической теории газов (1865)». Однако не было этого. А ведь Лошмидт легко мог бы рассчитать «свою» постоянную, у него были все необходимые данные. Из формулы Максвелла — Клаузиуса 1

$= (4/3)N\pi\lambda d^2$ не трудно определить число частиц в 1 см^3 : $N = 3 / (4\pi\lambda d^2) = 3 / [(4 \times 3,14 \times 0,140 \cdot 10^{-4} \text{ см} \times (9,7 \cdot 10^{-8} \text{ см})^2)] = 0,18 \cdot 10^{20} = 1,8 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Это довольно близко к значению, которое может рассчитать любой школьник из постоянной Авогадро и мольного объема идеального газа: $6,02 \cdot 10^{23} / 22400 \text{ см}^3 \approx 2,7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Возникают два вопроса: почему Лошмидт не провел этот расчет и почему постоянная носит его имя? На первый вопрос можно ответить предположительно: потому что Лошмидту было неинтересно, сколько молекул в 1 см^3 . Второй вопрос связан, как написал полвека назад историк химии Роберт Хоторн, с «вековой тайной».

В том же 1865 году, когда Лошмидт опубликовал свою статью, в журнале «Zeitschrift für Mathematik und Physik» появилось краткое, на двух страничках, изложение статьи Лошмидта, в начале которого стоит его фамилия и в котором приводится то, что мы называем «постоянной Лошмидта». Однако есть несколько причин, по которым Лошмидт не может быть автором этого фактически развернутого реферата. Приведенное в той статье число молекул в 1 мм^3 ($8,66 \cdot 10^{17}$) не согласуется со значением, которое можно получить из статьи Лошмидта. В этом обзоре немало и других ошибок, например, для среднего свободного пробега дано значение $0,170$ мкм (вместо $0,140$ у Лошмидта), для диаметра молекулы $11,7 \cdot 10^{-4}$ мкм (у Лошмидта $9,70 \cdot 10^{-4}$ мкм), при этом перепутаны обозначения диаметра и среднего свободного пути. Наконец, носители немецкого языка утверждают, что стиль этого изложения совершенно не соответствует стилю статей Лошмидта. По всей вероятности, реферат был кем-то небрежно подготовлен, но именно в нем впервые появилось число молекул газа в единице объема, которое впоследствии получило название «постоянная Лошмидта».

И.А.Леенсон





АНАЛИТИКА ЭКСПО

14-я Международная выставка
**ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
И ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТИВОВ**

12–14 апреля 2016 года
МОСКВА, КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»



ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД НА САЙТЕ

www.analitikaexpo.com



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

Генеральный инфо-партнер:

