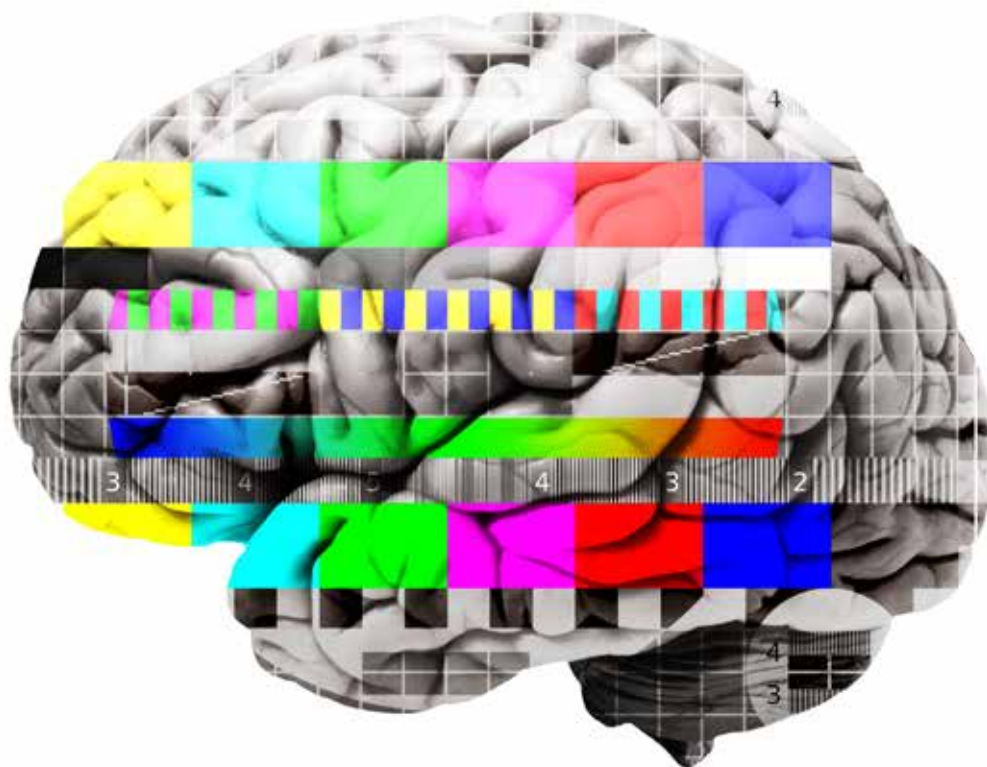




ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

2/2018







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 5.2.2018

Типография «Офсет Принт М», 123001,
Москва, 1-й Красногвардейский пр-д, д. 1

Адрес редакции

119991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8

Адрес для переписки

119071, Москва, а/я 57

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.

На журнал можно подписаться в
агентствах «Роспечать» — каталог «Роспечать»,
индексы 72231 и 72232

«Арзи» — Объединенный каталог
«Пресса России», индексы — 88763 и 88764
(рассылка — «Арзи», тел. 443-61-60)

«МАП» — каталог «Почта России», индексы
99644 и 99645.

«Информсистема» — (495) 127-91-47

«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

На Украине: «Информационная служба мира» —
38 (440) 559-24-93

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Тары Макферсон. Сложно
думать об убийстве, глядя на милую
маленькую женщину. Подробности в
статье «Она написала отравление».

*Разбито сердце, не разбито,
а свинью красть интересно.*

Пелем Гренвилл Вудхаус

Содержание

Проблемы и методы науки

МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ КАРКАСЫ — НОВАЯ ВСЕЛЕННАЯ

В ХИМИИ. В.И.Исаева, Л.М.Кустов 2

Мемуары Игнобеля

АЛМАЗЫ НА СПИРТУ. С.М.Комаров.....10

Хемоскоп

САМАЯ ДЛИННАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ЦЕПЬ. ПИВО ПРЕВРАЩАЕТСЯ

В ТОПЛИВО. АККУМУЛЯТОРЫ СТАНУТ БЕЗОПАСНЕЕ. А.И.Курамшин.....14

Сто химических мифов

МИФЫ О ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ. И.А.Леенсон.....16

Портреты

ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ ЛЮБИЛ ХИМИЮ. Г.В.Эрлих 18

Расследование

ПОЧЕМУ НЕ СУЩЕСТВУЕТ ПОПУЛЯРНОЙ ХИМИИ? Л.Намер 23

Дискуссии

МИФИЧЕСКИЕ ГЕНЫ ЧЕМПИОНОВ. С.Анофелес.....24

Проблемы и методы науки

БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ В ПЕЧАЛИ И РАДОСТИ. Н.Л.Резник 30

Жертвы науки

ПРИОНЫ, АГРЕССИЯ И ЗАЩЕЧНЫЕ МЕШКИ. С.Ястребова.....34

Дневник наблюдений

ДОЛГИЙ СОБАЧИЙ ВЗГЛЯД. Н.Анина 36

Расследование

СЕКРЕТНОЕ ОРУЖИЕ КОНКИСТЫ. А.В.Панов 38

ОНА НАПИСАЛА ОТРАВЛЕНИЕ. А.И.Курамшин 45

Поиски смысла

ФОРМУЛА ВЛАСТИ. В.Д.Киселев 48

Нанофантастика

СЛЫШУ ГОЛОС ИЗ ПРЕКРАСНОГО ДАЛЕКА. Дмитрий Никитин51

Ученые досуги

ШУТКИ БРИТАНСКИХ ВРАЧЕЙ. В.Животова, Н.Кузнецова, Е.Клещенко 52

Панацейка

О ПОЛЬЗЕ КОНЬЯКОВОЙ МУКИ. Н.Ручкина..... 52

Фантастика

МЕЧТА О ЕДИНОРОГЕ. Татьяна Левченко 54

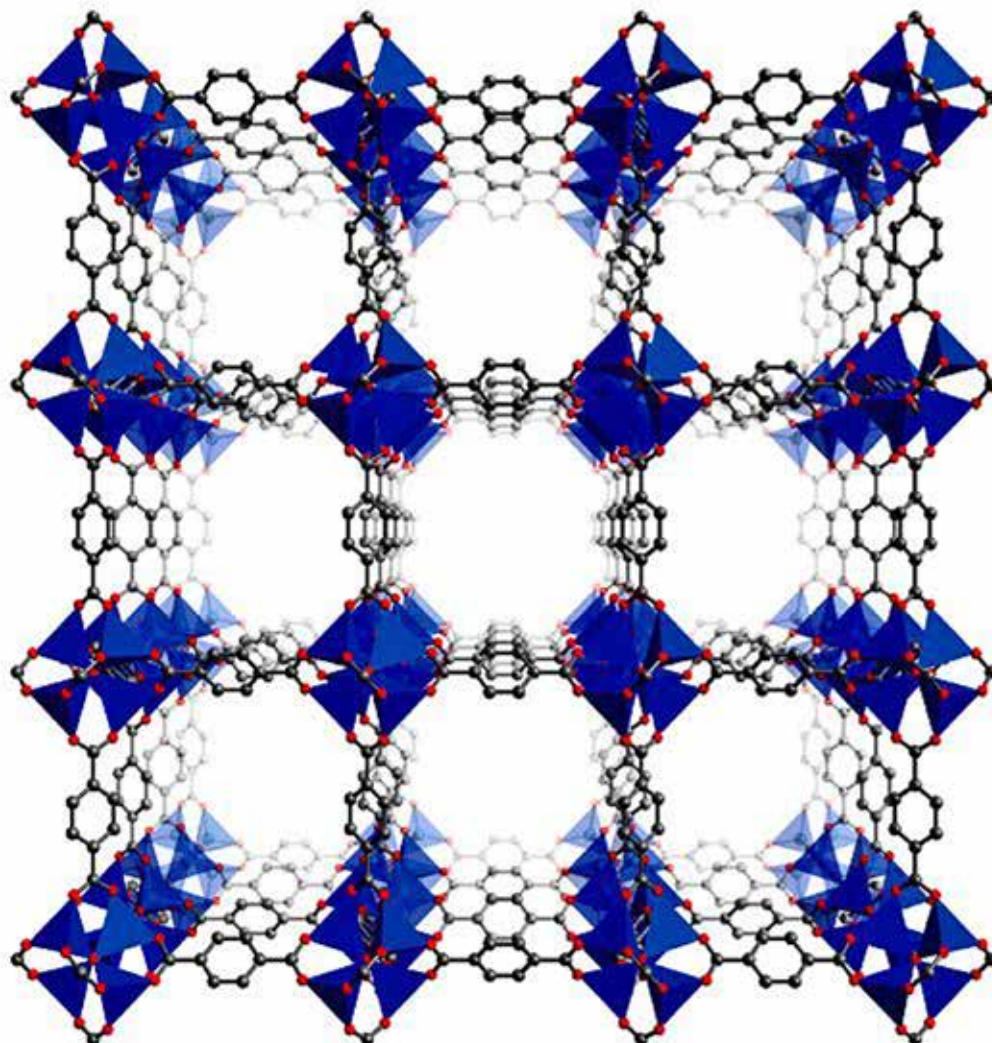
Химики и лирики

ОТ ЧЕЛОВЕКО-РЫБ К КОСМИТАМ. Владимир Борисов, Александр Лукашин..... 64

О ЧЕМ МЕЧТАЮТ ХИМИКИ	9	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	61	ПИШУТ, ЧТО...	62

Металлоорганические каркасы — новая вселенная в химии

Работы по синтезу и исследованию металлоорганических каркасных структур и других гибридных наноматериалов на их основе ведутся в Институте органической химии имени Н.Д.Зелинского РАН в рамках мегагранта РФФ (проект №14-50-00126)



Доктор
химических наук
В.И.Исаева,
доктор
химических наук
Л.М.Кустов

В последнее десятилетие стремительно растет количество публикаций о новых гибридных наноматериалах. Металлоорганические каркасные структуры (их еще называют «координационные полимеры») бывают одно-, двух- и трехмерными (пористыми), их состав можно менять практически до бесконечности. Уже посчитали, что число возможных структур этих материалов — около 10^{21} . В 10^{13} раз больше, чем число всех известных на сегодня соединений, однако получено и исследовано экспериментально на сегодня лишь около 20 тысяч. Самое интересное — впереди.

Пористый мир вокруг

Дело не только в количестве работ, но и в их качестве. Некоторые публикации о новых гибридных наноматериалах заняли первые строчки в разных рейтингах, кое-какие даже удостоились Нобелевской премии, как это было с фуллеренами и графенами. Однако с точки зрения химика графены — скучный материал: один элемент, простейшая структура, ограниченные возможности для изменения состава и строения. Другое дело металлоорганические каркасные структуры («координаци-

1
Трехмерная каркасная структура MOF-5 (IRMOF-1), образованная ионами Zn^{2+} в оксидном окружении (в виде тетраэдров) и терефталатными (бензол-1,4-дикарбоксилатными) линкерами. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2006, 45, 2553–2556; doi: 10.1002/anie.200504312

онные полимеры»). Чаще всего их сравнивают с цеолитами и даже иногда называют органическими цеолитами. Однако цеолитов известно всего чуть больше сотни, а металлоорганические каркасы — это практически новая неизведанная вселенная для химиков.

Пористые материалы окружают нас повсюду. Порами пронизаны скорлупа яйца, легкие животных, вещество кораллов и морских губок, песчаник и снег, даже крылья бабочки. Мы постоянно используем пористые материалы в быту: ездим по бетонным дорогам, готовим в керамической посуде, пьем чай из фарфоровых чашек, строим дома из силикатного кирпича, а некоторые пористые вещества принимаем в виде лекарств.

Пористые тела могут быть упорядоченными (кристаллическими, с регулярной системой пор) и неупорядоченными (аморфными). Неорганические материалы чаще имеют высокоупорядоченную структуру, в то время как активированные угли и полимеры, например пластики, являются аморфными или частично упорядоченными.

Аморфные материалы имеют определенные достоинства: они недороги, их несложно обрабатывать. К их недостаткам относится неопределенность структуры, ее трудно охарактеризовать физико-химическими методами — прежде всего рентгеноструктурным анализом. Часто они существуют в виде нескольких модификаций с разной структурой пор и топологией, их синтез в некоторой степени непредсказуем — нелегко понять заранее, какая у нового материала будет система пор, и мы рискуем получить кота в мешке. Еще одно уязвимое место многих аморфных материалов — низкая механическая прочность.

Для практики более интересны высокоупорядоченные материалы, структуру которых можно исследовать рентгеноструктурными методами. Это, например, кристаллические цеолиты (природные и искусственные алюмосиликаты) и мезопористые силикаты. Они имеют регулярное строение и прочны. Цеолиты мы широко используем в быту как поглотителей влаги и неприятного запаха, а в промышленности их применяют при производстве стирального порошка и в процессах нефтепереработки.

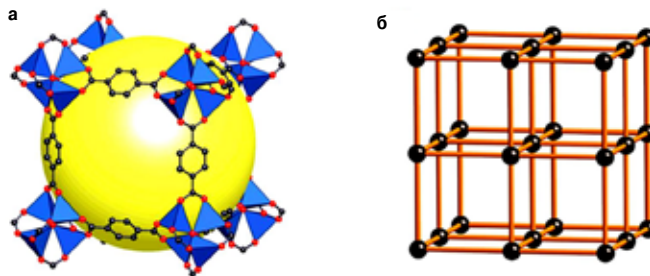
Пористые материалы подразделяются на три больших семейства в зависимости от размера пор. Макропористые материалы имеют поры размером более 50 нм, как правило, они аморфны. Пример — силикагели, которые мы используем в качестве осушителей. Если размер пор — 2—50 нм, материалы называются мезопористыми. В частности, это некоторые силикаты, их так и называют — мезопористые силикаты. В основе их структуры лежит система упорядоченных каналов, стенки которых образованы аморфным силикагелем. Материалы с размером пор менее 2 нм определяют как микропористые. Пример — скорлупа куриного яйца.

Пористые материалы могут быть натуральными и синтетическими. Сегодня отдают предпочтение синтетическим пористым материалам, таким как цеолиты. Без синтетических пористых материалов невозможно было бы развитие таких наукоемких технологий, как катализ, создание полупроводников, сенсорных и электролюминесцентных устройств, фотоника и биоинженерия. Следующий шаг в этой области — получение гибридных пористых материалов.

Гибриды имеет смысл получать лишь в том случае, если они имеют лучшие признаки, чем их предки. Два десятилетия назад были открыты новые пористые гибридные материалы, которые вызвали настоящий бум в мировом химическом сообществе, настолько резко их свойства отличались от свойств других пористых неорганических и полимерных материалов. Эти материалы состоят из неорганических и органических компонентов. Открыли их в 1991 году ученые из Университета Мельбурна Бернард Хоскинс и Ричард Робсон. Открытие состояло в том, что бесконечные полимерные структуры



формируются при соединении органическими молекулами неорганических координационных центров. Эти полимеры имеют трехмерный каркас, в котором есть поры. Такая архитектура позволила предположить, что свойства новых полимеров будут весьма необычными. Хоскинс и Робсон также предсказали, что это семейство координационных полимеров должно быть очень многочисленным. Предсказание сбылось, хотя в начале 90-х годов было известно лишь несколько представителей семейства. На сегодняшний день синтезировано свыше 20 тысяч таких соединений. Бурное развитие исследований новых полимеров связано с именем Омара Яги из Калифорнийского университета. За выдающийся вклад в науку о гибридных пористых материалах Яги был в 2017 году награжден премией Альберта Эйнштейна.



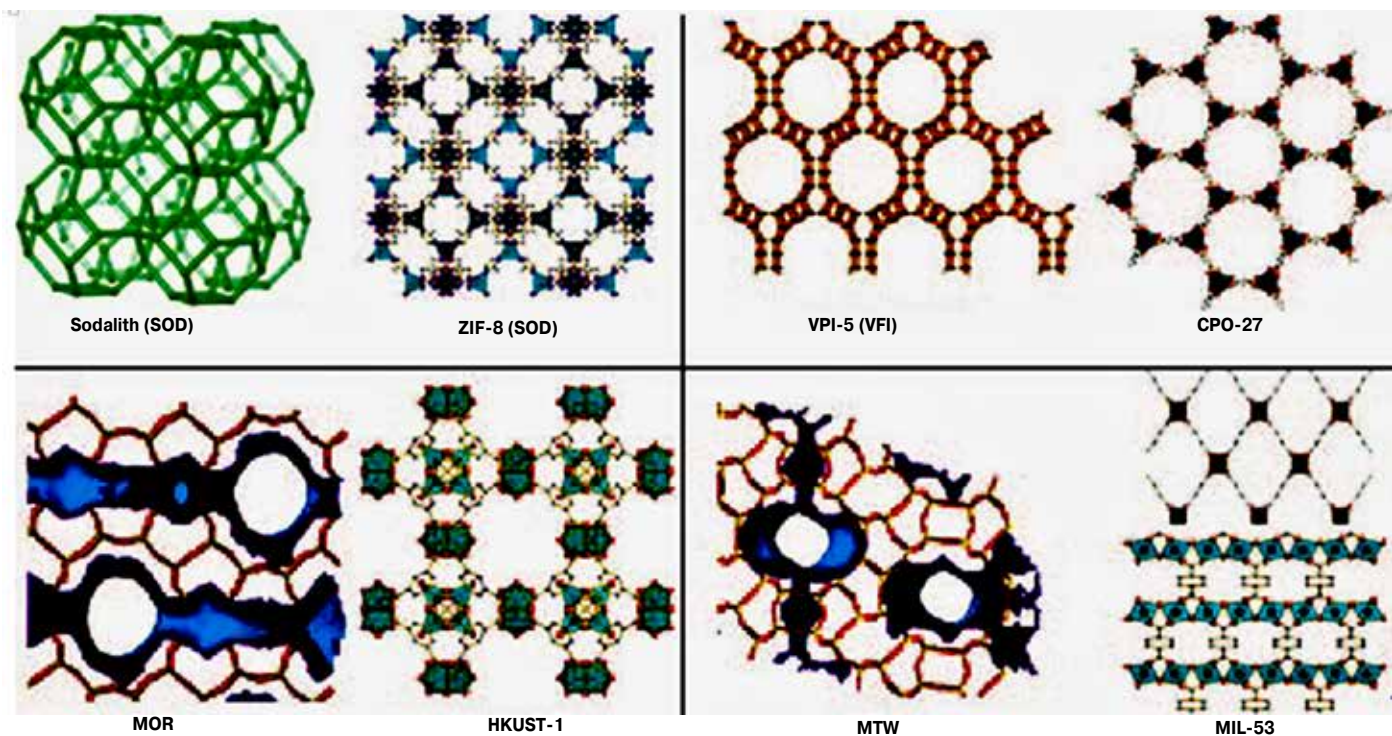
2

Структура металлоорганического каркаса MOF-5: а — ячейка MOF-5, состоящая из тетраэдров ZnO_4 , соединенных терефталатными линкерами в трехмерный каркас; б — топология структуры MOF-5, представленная в виде примитивной кубической решетки. *J. Am. Chem. Soc.*, 2005, 127, 14904—14910; doi: 10.1021/ja0542690

Пористые координационные полимеры, металлоорганические координационные полимеры, металлоорганические координационные решетки, металлоорганические каркасы, ковалентные органические каркасы, цеолитоподобные каркасы — существует несколько перекрывающихся и дополняющих друг друга названий, отражающих характерные черты этих соединений. Авторам этой статьи больше всего нравится общепринятое в иностранной литературе название — металлоорганические каркасы, или MOF (MOFs, Metal-Organic Frameworks). По мнению Омара Яги, этот термин наиболее удачен, поскольку отражает и пространственное строение, и химическую природу.

Как они устроены

Химикам хорошо известны классические координационные соединения — металлокомплексы. С точки зрения пространственного строения металлокомплексы — структуры с нулевой размерностью (0D). Металлокомплексы можно соединить в цепь (1D), тогда получится линейный координационный металлоорганический полимер. Из металлокомплексов



3
Сопоставление пористой структуры цеолитов и MOF (цеолиты = SOD (содалит), VPI-5, MOR (морденит), MTW; MOF=ZIF-8, CPO-27, HKUST-1, MIL-53). *Angew. Chem. Int. Ed.* 2009, 48, 7502–7513; doi: 10.1002/anie.200806063

можно сплести сеть и получить сшитый координационный металлоорганический полимер в виде двумерного слоя. Наиболее интересной задачей будет формирование трехмерной ажурной сети или трехмерной каркасной пористой структуры (3D) — собственно MOF. Звеньями этих полимеров служат органические молекулы, которые соединяются не непосредственно между собой, а через ионы металла (рис. 1). Эти ионы металла часто называют коннекторами, или соединителями (connector), по аналогии с теми коннекторами, которые мы используем при подключении всякой электроники.

В терминах координационной химии ионы металла в структуре MOF — координационные центры, а органические молекулы — полидентатные мостиковые лиганды. Это значит, что одна органическая молекула связана с двумя или более координационными центрами — ионами металлов. Для органических мостиковых лигандов есть также особое название — «линкер», от слова link, связующее звено. Этот термин был заимствован из химии природных соединений. При рассмотрении пространственного строения структур MOF ряд исследователей определяют их как кристаллические гибридные материалы, сконструированные в трех направлениях (координатах). Чаще всего органическими линкерами в структуре MOF бывают депротонированные остатки карбоновых кислот (карбоксилат-ионы) или азотсодержащих гетероциклических соединений, как правило, имидазолаты.

Существенное отличие MOF от других пористых материалов в том, что их поры не имеют толстых стенок. Поэтому практически каждый атом структуры (в реальности 80—90%) доступен для взаимодействий с гостевыми молекулами, растворителем, адсорбированными молекулами, нанесенными наночастицами, в отличие от тех же цеолитов, в которых доступны не более 30%. На рис. 2 приведены различные способы изображения структуры наиболее известного металлоорганического каркаса, MOF-5. Это соединение было синтезировано в лаборатории Омара Яги в начале двухтысячных годов. На рис. 2а структура MOF-5 представлена в

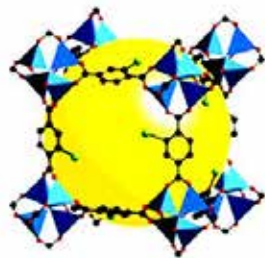
виде тетраэдров, которые соответствуют кластерам ZnO_4 — неорганическим структурным единицам каркаса. Кластеры соединены остатками терефталевой кислоты (терефталатами) — органическими линкерами. Так получается каркас этого соединения в виде куба. В нем имеются малые поры размером 0,8 нм и большая сферическая полость диаметром 12—15 нм (рис. 2а). На рис. 2б структура MOF-5 изображена в виде шаростержневой модели.

Ранее считалось, что органическая и неорганическая химия не пересекаются ни в объектах, ни в методах исследования: «Запад есть Запад, Восток есть Восток, и с места они не сойдут». Но оказалось, что MOF объединяют органическую и неорганическую химию; даже такие серьезные ученые, как О.М. Яги, очень поэтично высказываются на эту тему. Например, говорят, что MOF соединяют в себе красоту химической структуры и необыкновенные возможности синергизма органической и неорганической химии.

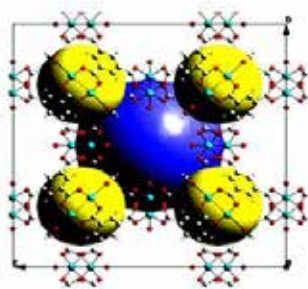
На заре развития исследований MOF их свойства чаще всего сравнивали со свойствами неорганических микропористых цеолитов. До сих пор их иногда называют «органическими аналогами цеолитов». Этому способствовало и то, что еще десятилетие назад были известны лишь микропористые металлоорганические каркасы. Сейчас пространственное строение конкретной структуры MOF определяют путем отнесения к структуре того или иного цеолита. На рис. 3 приведены примеры такого сопоставления.

Так, пространственное строение цинк-имидазолатной структуры ZIF-8 соответствует содалиту, а каркас HKUST-1 или MOF-199 — мордениту. К общим свойствам MOF и цеолитов относятся высокоупорядоченная структура, жесткий трехмерный каркас и однородное распределение пор по размерам и форме, как следствие, — молекулярно-ситовые свойства.

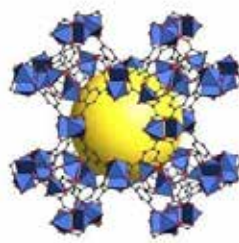
Когда были получены новые представители класса MOF, часть их имела большие мезопоры, и начали говорить о том, что металлоорганические каркасы — мостик между двумя наиболее известными классами неорганических материалов: микропористыми цеолитами и мезопористыми силикатами. Действительно, диаметр пор цеолитов за редким исключением не превышает 1,5 нм. Металлоорганические каркасы могут быть как микро-, так и мезопористыми. В настоящее время



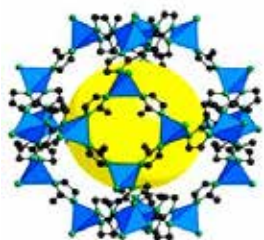
IRMOF-3



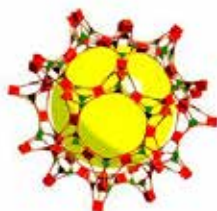
HKUST-1 (MOF-199)



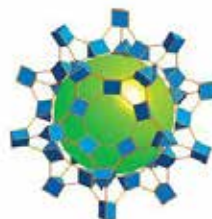
MOF-74



ZIF-8



MIL-100(Cr)



MIL-101(Cr)



химики говорят о рациональном дизайне соединений. Работы Хоскинса и Робсона, помимо сведений о новом классе MOF, замечательны еще и тем, что в них были заложены основы синтеза металлоорганических каркасных структур. Кристаллические пористые и стабильные соединения можно формировать с помощью структурно-ориентированных реагентов. В ходе реакции образуются неорганические вторичные струк-

турные единицы, такая единица взаимодействует с жестким органическим элементом, что приводит к образованию металлоорганической решетки заданной структуры. В этом и заключается процесс самосборки каркаса.

Конструирование MOF базируется также на принципах ретикулярной химии (от слова *reticule* — сеть), которые обосновал Яги. Базовое понятие ретикулярной химии — молекулярные строительные блоки: это могут быть органические молекулы, неорганические кластеры, дендримеры, пептиды или протеины. В терминах ретикулярной химии рассматривается связывание молекулярных строительных блоков в структуру с предсказуемым пространственным строением и составом; блоки в ней повторяются и соединены сильными связями. Основной принцип ретикулярного синтеза заключается в том, что структурная целостность и химический состав молекулярных блоков остаются неизменными в течение самосборки каркаса.

При описании построения структуры MOF исследователи часто употребляют такие замечательно звучащие слова, как «конструирование», «комбинаторный синтез», «логический синтез», «молекулярный дизайн», «модульная химия». Суть же в том, что из молекулярных строительных блоков — модулей — собирают новое вещество с заданными физическими и химическими свойствами, так же, как дети (а иногда и взрослые) собирают дома из кубиков Лего.

Иллюстрацией такого конструирования целевых структур металлоорганических каркасов может служить синтез 16 изоретикулярных MOF (так называемых IRMOF, каркасов с одинаковым пространственным строением) с общей формулой $Zn_4O(O_2C)_6$ (рис. 5). Эти каркасы построены из органических линкеров — терефталатов с различными заместителями — и ионов Zn^{2+} . Размер пор в каркасах IRMOF регулируется с помощью линкеров различной длины, содержащих разные заместители. По мере увеличения органических линкеров размер пор изменяется от 1,3 нм (MOF-5) до 3 нм (IRMOF-16).

Выбирая исходные блоки и способ их соединения, можно контролировать архитектуру материала и его свойства. Химический состав, строение и свойства линкеров — углы между связями, длина линкера, объем молекулы, хиральные и другие свойства — определяют размер, форму, а также химическую природу пор металлоорганического каркаса. В свою

4

Наиболее известные структуры MOF. *Chem. Soc. Rev.*, 2008, 37, 191–214; doi: 10.1039/B618320B

получены мезопористые структуры MOF, размер полостей которых превышает 4 нм, что соответствует диаметру пор мезопористых силикатов.

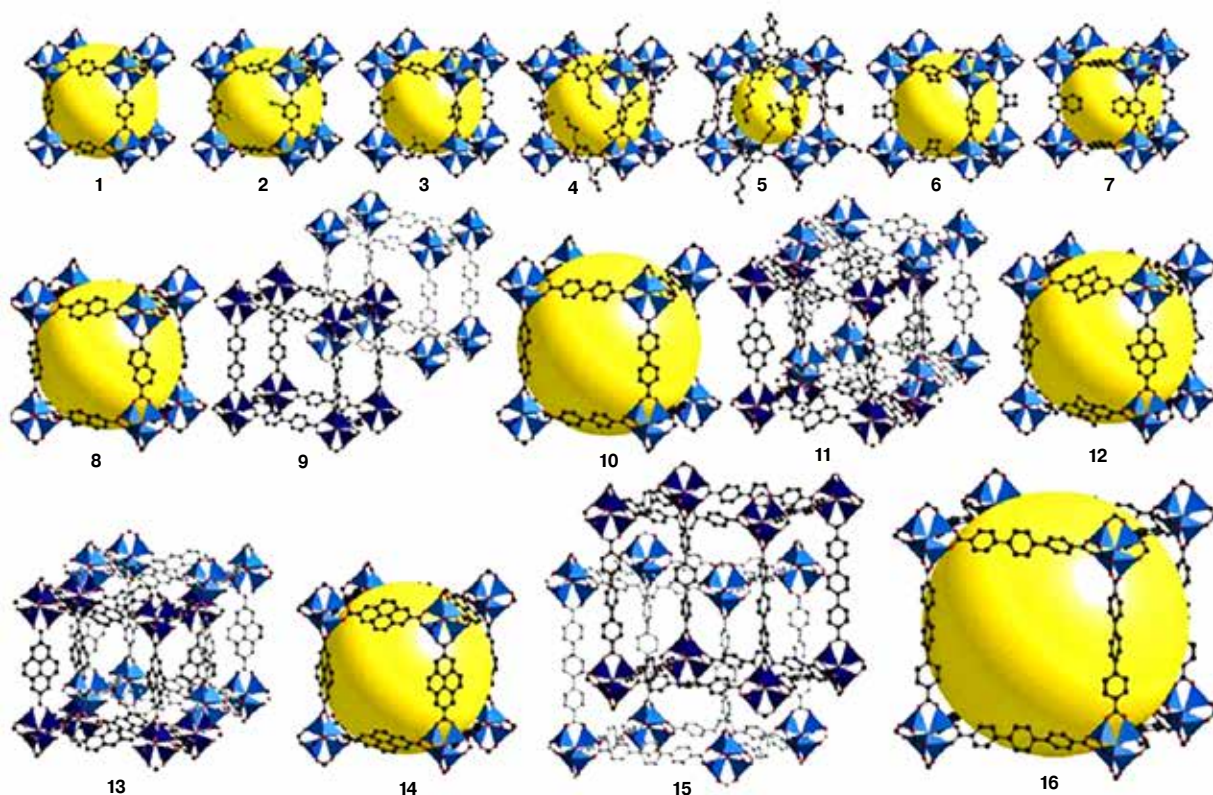
Здесь стоит пояснить, как называются отдельные соединения MOF. В литературе по этой тематике часто встречаются названия вроде MOF-5, MOF-199 (HKUST-1), UiO-66 или MIL-100. Номера не соответствуют хронологическому порядку синтеза, а, по-видимому, относятся к удачным экспериментам. Часто названием вещества становится аббревиатура исследовательского центра, в котором оно было впервые синтезировано: HKUST — Hong Kong State University, UiO — Университет Осло или MIL — Материалы Института Лавуазье, Matériaux de l'Institut Lavoisier.

Структуру MOF можно представить в виде дома, состоящего из пустых одинаковых комнат. В него можно войти через двери или окна, а в любую комнату пройти через дверной проем либо через открытый люк в потолке и в полу. В каркасе MOF размер пор определяется длиной, формой и присутствием функциональных групп в органических линкерах. Комнаты обставлены мебелью — это «гостевые» молекулы (например, газы или реагенты, захваченные в процессе синтеза). В углах висят картины — функциональные группы органических линкеров, образующих внутреннюю поверхность пор.

В мире существует бесконечное множество архитектурных сооружений. Интерьер и внешний вид их определяется разнообразными факторами, включая индивидуальный вкус создателей и стиль, который, в свою очередь, зависит от исторической эпохи и географического места расположения. При описании структур MOF исследователи тоже часто говорят о соединениях с различной архитектурой, различным пространственным строением, топологией каркаса и интерьером пор. И в самом деле, это шедевры молекулярного зодчества (рис. 4).

Как построить каркасы MOF?

Наверное, самое яркое свойство MOF — возможность проектирования или конструирования их структуры. В таких случаях



5

Серия изоретикулярных металлоорганических каркасов (IRMOF) с одинаковой кубической топологией кристаллической решетки. Органические линкеры в составе каркасов различаются как в отношении функциональных заместителей (IRMOF-1 — 7), так и по длине (IRMOF-8 — 16). Использование объемных линкеров увеличивает свободное пространство внутри пор, представленное в виде сфер. Такие линкеры способствуют образованию переплетенных структур типа катеновых (IRMOF-9, -11, -13, -15). *Micropor. Mesopor. Mater.*, 2004, 73, 3—14; doi: 10.1016/j.micromeso.2004.03.034

очередь, пространственное строение, архитектура каркаса MOF в основном зависит от координационного числа иона металла — неорганического строительного блока.

Как сделать MOF

Сначала нужно выбрать строительные блоки или их синтезировать. Затем определить условия реакции — взаимодействия и самосборки, причем в зависимости от незначительных вариаций в условиях синтеза можно получить разные структуры MOF из одних и тех же блоков. Здесь уместно привести высказывание французских ученых, которое относится к приготовлению цеолитов, но с известными оговорками его можно отнести и к получению MOF: процесс их синтеза подобен выпечке пирогов. Имея одни и те же ингредиенты (яйца, муку и сахар), в зависимости от условий выпекания, например температуры и времени, можно приготовить различные продукты.

Реакция, в результате которой формируются металлоорганические каркасы, — это реакция полимеризации, она инициируется депротонированием органической кислоты или гетероциклического соединения, то есть органических строительных блоков. В свою очередь, депротонирование может происходить в результате добавления оснований в реакционную смесь, например органических аминов.

Для синтеза MOF разработаны различные способы. Одни из них уже успели устареть и выйти из употребления, к примеру, метод медленной диффузии. Проведение реакции этим способом требует от химика прежде всего терпения, поскольку синтез может идти несколько недель. Другие стали

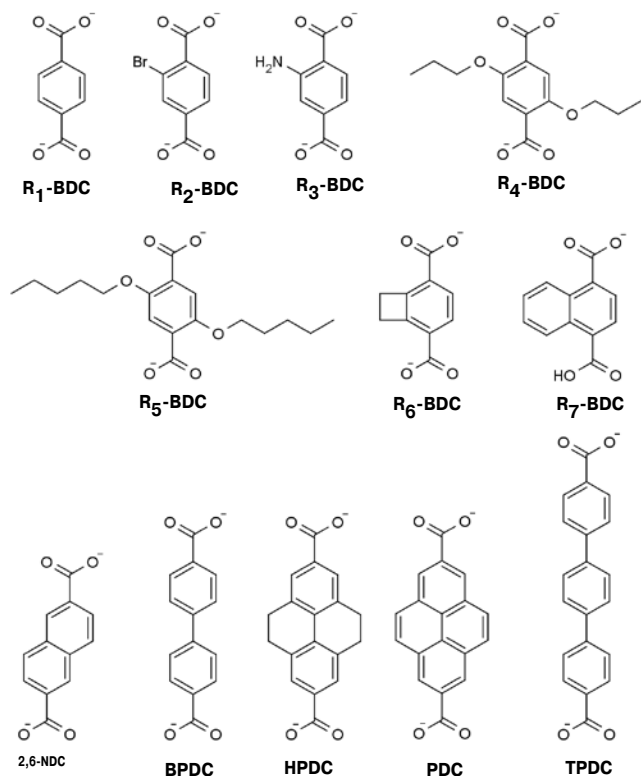
классикой, в частности, гидросольвотермальный способ, который был разработан для синтеза цеолитов. Реакция в этом случае протекает при повышенном автогенном давлении, то есть давлении, которое создается парами растворителя, — температура синтеза, как правило, выше точки его кипения. Сегодня в арсенале химика-синтетика имеются еще воздействия СВЧ-излучения или ультразвука. Обычно такие методы более быстрые — реакция протекает в течение нескольких минут или часов, в отличие от сольвотермального синтеза, который может длиться несколько суток.

Качество материала MOF, включая степень кристалличности (то есть отношение содержания кристаллической и аморфной фазы в образце), размер кристаллов и текстуру, во многом определяется способом его приготовления. В зависимости от метода синтеза можно получать кристаллы MOF различного размера, от десятых долей миллиметра до нескольких нанометров. Это важно для их последующего применения. В жидкостной хроматографии нужны кристаллы размером несколько микрометров, в биомедицине (для доставки лекарств) — размером несколько десятков нм.

Чем интересны MOF

Прежде всего — высокой пористостью (до 90%). Напрашивающееся применение — хранение газов, в первую очередь метана и водорода, для нужд энергетики. MOF отличаются также рекордно высокой удельной поверхностью — отношением общей поверхности пористого тела к его массе. Для некоторых металлоорганических каркасов эта величина достигает 6000 м²/г, что намного больше, чем у цеолитов (400–600 м²/г), мезопористых силикатов (1100 м²/г) и активированных углей (500–1500 м²/г). Если развернуть на плоскости поверхность одного грамма мезопористого MOF-210, то можно покрыть площадь больше футбольного поля.

Цеолиты и силикаты не отличаются разнообразием структуры. Например, поры мезопористых силикатов выглядят как пучок каналов, ориентированных в одном направлении. Такую же систему пор имеют углеродные нанотрубки. Поры в металлоорганических каркасах могут иметь различные



6

Органические линкеры, используемые для синтеза серии карбоксилатных изоретикулярных IRMOF (с одинаковой топологией каркаса). *Science*, 2002, 295, 469–472 doi: 10.1126/science.1067208

направления. Форма пор MOF очень разнообразна — квадратная, прямоугольная, треугольная и овальная в сечении, в отличие от цеолитов, у которых норма — круглое сечение. Регулируемая геометрия пор важна для избирательного поглощения газов или жидкостей. В частности, выбирая адсорбенты MOF с желаемой формой пор, можно селективно поглощать молекулы определенного строения.

От других материалов MOF отличает и отсутствие объема, недоступного для поглощаемого вещества («мертвого объема»). Благодаря открытой системе пор транспорт в них не затруднен — «гостевые» молекулы могут относительно быстро диффундировать.

После синтеза свободное пространство внутри MOF обычно заполнено «гостями» — молекулами растворителя и не вступивших в реакцию реагентов. Чтобы удалить их, MOF часто нагревают, в результате поры некоторых металлоорганических каркасов «схлопываются», кристаллическая структура разрушается и получается аморфное вещество. К счастью, существует множество металлоорганических каркасов с перманентной пористостью. Это значит, что они сохраняют кристаллическую структуру после удаления из пор «гостевых» молекул, например, путем нагревания в вакууме.

Еще одна необычная характеристика MOF — гибкость или эластичность каркаса. Цеолиты и углеродные материалы имеют жесткий каркас, но некоторые MOF эластичны. Движение каркаса возможно при изменении внешних условий — температуры, давления, химической среды. Структура многих соединений MOF может приспосабливаться к тому, чтобы вмещать в себя входящие газы и жидкости. Взаимодействие между MOF и адсорбируемыми молекулами называется взаимодействием «гость-хозяин». Поры и каналы в структуре MOF могут обратимо сжиматься и расширяться, при этом связи, соединяющие органические и неорганические строительные блоки, не разрушаются, когда газы или жидкости

заполняют поры или удаляются из них (чаще всего путем вакуумирования или простого нагревания). Смещение на десятки доли нанометра способно значительно изменять объем пор. Мы можем растягивать эти структуры вдоль одной из координатных осей подобно тому, как мы можем растянуть ткань в длину или в ширину. Можем также «надуть» элементарную ячейку MOF, как футбольный мяч, увеличив ее объем почти на 40%, скажем, накачав ее CO₂. Возьмем, например, металлоорганический каркас MIL-53 с терефталатными линкерами. После удаления воды из пор этого материала объем его элементарной ячейки уменьшается примерно на 30%. Поры сжимаются при поглощении воды и расширяются, когда вода удаляется. В каркасе MIL-88D различие в объемах элементарной ячейки у структуры со свободными порами и структуры, содержащей в порах «гостевые» молекулы, поражает воображение — 330%.

Слабости MOF

Одно из основных свойств, позволяющих использовать тот или иной материал на практике, — это его устойчивость к внешним воздействиям, в первую очередь к высокой температуре. Увы, многие материалы MOF недостаточно устойчивы к нагреванию, воде и, что самое неприятное, к влаге воздуха.

Как правило, органические молекулы выдерживают температуру не более 200°C. Термической устойчивостью отличаются лишь немногие органические полимеры, такие как полимеры с внутренней микропористостью (PIM), полиимиды, фторопласты. Термическая устойчивость MOF пока меньше, чем неорганических материалов — цеолитов и мезопористых силикатов (700–800°C), однако гораздо выше устойчивости органических молекул. В настоящее время синтезированы металлоорганические каркасы, переносящие нагрев до 500°C. К ним относятся, например, уже известный нам каркас MIL-53(Al) с ионами трехвалентного алюминия и цинк-имидазолатный каркас ZIF-8.

MOF нерастворимы в воде и органических растворителях, но многие из них подвергаются частичному гидролизу из-за взаимодействия иона металла с водой. MOF могут разлагаться под действием кислот, так как в состав многих из них входят карбоксилатные линкеры, связанные ионными связями с ионами металла — неорганическими строительными блоками каркаса. Слабые карбоновые кислоты вытесняются более сильными минеральными.

В некоторых случаях MOF становятся аморфными при длительном хранении на воздухе. Разработка соединений MOF, устойчивых к гидротермальному воздействию (то есть температуры и воды одновременно), — серьезная задача, поскольку именно такие условия часто встречаются в промышленности при проведении различных технологических процессов. Примеры устойчивых в гидротермальных условиях материалов MOF — структуры ZIF-8, MOF-74, MIL-110(Al), MIL-101(Cr) и MIL-53(Al), с сильными связями между ионами металлов и органическими линкерами.



Использование MOF

Казалось бы, при таких замечательных свойствах MOF давно должны были появиться и везде использоваться новые материалы на их основе. Однако на все нужно время — цеолитам, например, понадобилось лет 20—30, чтобы завоевать место в промышленных процессах. Что известно на данный момент о применениях MOF?

Уже вскоре после получения первых структур MOF их изучили в качестве материалов для хранения газов. Первоначальные исследования в этой области были в основном связаны с водородом. Однако из-за слабого взаимодействия водорода с поверхностью MOF этот газ запасается лишь при очень низких температурах, как правило, при температуре жидкого азота, и при высоких давлениях. Зато MOF оказались перспективными материалами для хранения метана при комнатной температуре, тут они успешно конкурируют с активированными углями. Первый грузовой автомобиль с двигателем внутреннего сгорания на метане, который содержится в материале MOF, был создан на фирме BASF в 2013 году.

Способность MOF разделять углеводороды с одинаковыми молекулярными весами и близкими точками кипения, что нужно для очистки нефти, исследовал ученый из Бельгии Дирк де Вос с коллегами. Такое разделение основано на том, что молекулы одного из изомеров в бинарной смеси могут войти в поры MOF, а другого — нет.

Благодаря принципам ретикулярного синтеза, то есть возможности синтезировать каркасы MOF с различным размером пор и химической природой и не изменять при этом их пространственное строение, были получены MOF с огромными порами и чрезвычайно низкой плотностью (0,13 г/см³). Это позволяет поместить в пустоты металлоорганических кристаллов большие молекулы, такие как витамин B12 и белки, например зеленый флуоресцентный белок GFP.

Наверное, наиболее интересна для широкого круга читателей медицинской сферы применения MOF. Для оптимальной терапевтической эффективности необходимо контролировать высвобождение лекарства в организме. Под контролируемым высвобождением подразумевается высвобождение лекарственного препарата с постоянной скоростью, благоприятной для достижения оптимальной терапевтической эффективности.

Скорость высвобождения зависит от многих факторов, например от количества лекарства в препарате (ведь, помимо активного компонента, в таблетке содержатся связующие, подсластители и др.), формы препарата, способа его введения в организм (орально, внутривенно). Полимеры и липосомы (микроскопические сферические частицы, оболочка которых состоит из молекул фосфолипидов, аналогичных фосфолипидам клеточных мембран) обычно отличаются хорошей биосовместимостью, однако для многих из них характерно неконтролируемое высвобождение лекарств. Неорганические материалы — микропористые цеолиты и мезопористые силикаты способны высвобождать молекулы

лекарств контролируемым способом. Но, как правило, их поры не могут вместить достаточное количество лекарственного препарата, а высвобождается он очень медленно. Есть у них еще один существенный недостаток — цитотоксичность.

Существуют особые требования к металлоорганическому каркасу для использования его в биологических системах. Такие структуры называют биосовместимыми MOF, или биоMOF. Структура биоMOF должна быть образована биосовместимыми строительными блоками, например ионами Na и L-аспаратом в качестве органического линкера (MOF-705). Эти соединения могут и сами быть лекарствами, как вышеупомянутый MOF-705. Он образован ионами натрия и органическими линкерами на основе L-аспартата (L-аспаргиновой кислоты, одной из 20 незаменимых протеиногенных аминокислот в человеческом организме). L-Аспарат выполняет ряд важнейших функций в живом организме: стимулирует фермент глутаматсинтетазу, который также принимает участие в обезвреживании свободного аммиака, превращая его в нетоксичную форму — глутамин, является нейромедиатором и отличается иммунной активностью. Кроме этого, аспарат оказывает гепатопротекторное действие (защищает нашу печень) за счет превращения в аланин и участвует в переносе ионов калия и магния. Действие таких препаратов на основе MOF основано на разложении металлоорганического каркаса в кислой среде желудка на лекарственные компоненты.

БиоMOF другого типа могут быть использованы исключительно как транспортные средства — контейнеры, которые содержат лекарственные препараты в порах. За счет высокой пористости металлоорганические каркасы вмещают повышенные дозы лекарственного препарата по сравнению с традиционными носителями. Например, содержание бисульфана (противоопухолёвого средства) в каркасе MIL-100(Fe) может достигать 25% от веса носителя — это в пять раз выше, чем у полимерных частиц и в 60 раз выше, чем у липосом. Но и это не является пределом. Мезопористый каркас MIL-101(Cr) был использован для доставки ибупрофена. Благодаря большому размеру полостей (примерно 2,9 и 3,4 нм) этого каркаса в него удалось поместить беспрецедентно большую дозу лекарственного препарата — целых 1,4 г на 1 г металл-органического материала. Одновременно ибупрофен полностью высвобождается из пор MIL-101(Cr) в физиологических условиях за 6 дней. Это позволяет использовать лекарственный комплекс ибупрофен/MIL-101(Cr) в качестве препарата пролонгированного действия, который поддерживает оптимальный уровень ибупрофена в организме.

Кроме того, с помощью MOF можно одновременно доставлять сразу два препарата. Например, биосовместимый цинк-имидазолатный каркас ZIF-8 использовали для совместной доставки гипотензивного лекарства — верапамила гидрохлорида и противоопухолёвого — доксорубина гидрохлорида.

Подводя некоторые итоги изучения MOF на протяжении двух десятилетий, отметим, что восхищение их эстетическими свойствами перешло в признание уникальности их характеристик и перспективности практического применения. Долгое время о MOF говорили лишь как об экзотических, хотя и многообещающих материалах — «вундеркиндах», применение которых при столкновении с грубой реальностью осложняется различными проблемами. Сейчас для металлоорганических каркасов найдены такие задачи, при решении которых они незаменимы, ни полимерные, ни неорганические пористые материалы не выдерживают конкуренции с ними. Прежде всего это высокотехнологичные области — создание сенсорных устройств и биомедицина. Где еще пригодятся человечеству эти прекрасные во всех отношениях материалы — покажет будущее.



О чем мечтают химики

Напоминаем, что на сайте «NineSigma» (<http://www.ninesigma.com/>) каждый месяц появляются сообщения о потребностях крупных и не очень крупных компаний в новых технологиях и все желающие могут предложить этим компаниям свои идеи. Сделать это можно прямо на сайте (<https://ninesights.ninesigma.com/rfps>) либо прислав сообщение в нашу редакцию (redaktor@hij.ru), чтобы мы переправили ее менеджеру сайта.

Технологии, которые ищут в феврале 2018 года.

Партнер для создания глюкометра

Казалось бы, приборов для измерения содержания сахара в крови — вагон и маленькая тележка, история таких измерений насчитывает не одно десятилетие, и ничего принципиально нового здесь предложить нельзя. Однако крупная компания, выпускающая медоборудование, хочет создать новый прибор для измерения уровня глюкозы в крови и лимфе с чувствительностью в пределах 20—400 мг/дл. Ее не устраивает то обстоятельство, что в имеющихся приборах на измерительный электрод нанесены ферменты и это снижает точность и надежность измерения. Компания сама попыталась поискать подходящее решение, но обнаружила, что возможных способов слишком много. Поэтому она и решила обратиться к практике открытых инноваций — найти людей, обладающих необходимыми знаниями и готовыми идеями, чтобы выбрать оптимальное предложение и заключить партнерское соглашение. Предполагается, что от разработки прибора до начала коммерциализации пройдет пять лет. Соискатель должен представить разработку или идею по крайней мере по одному из трех направлений:

1. Не содержащий ферментов материал любой природы (металл, углерод, органика), способный взаимодействовать с глюкозой и давать электросигнал.
2. Метод изготовления электрода, предполагающий или нанесение на него чувствительного материала, или модификацию самого электрода, включая его наноструктурирование. Электрод также может быть сделан из металла (золота, нержавеющей стали, титана, платины), материала на основе углерода или из какого-то другого вещества.
3. Знание о механизмах детектирования глюкозы. Автор идеи должен теоретически обосновать либо выдвинуть гипотезу, которая позволит понять

явления, происходящие между молекулой глюкозы и материалом электрода и способные вызывать электрический сигнал.

Подробные требования к заявке см. на сайте <https://ninesights.ninesigma.com/rfps>

Как пластиковой коробке выдержать удар?

Хорошие пластиковые коробочки для продуктов делают многослойными — один слой пластика отвечает за жесткость, другой предотвращает газообмен, третий защищает от бактерий и т. д. Недостаток этой технологии в том, что при переработке получается низкоккачественный пластик неизвестного состава.

Однако коробочки можно делать лишь из одного полиэтилентерефталата, тогда при их переработке получится почти такой же пластик, что сокращает объем химического производства и объем отходов на свалках мусора.

Переработанный пластик, впрочем, нельзя использовать для упаковки продуктов — мало ли чем он успел загрязниться. Поэтому опять приходится делать трехслойный материал — два тонких слоя свежизготовленного ПЭТФ, а между ними толстый, составляющий 90% материала, слой ПЭТФ из вторсырья.

Компания, которая делает такие коробочки, решила использовать эту технологию, но вот незадача: никак не получается рассчитать форму коробки и оптимальную толщину ее стенок. Поначалу во время испытаний на прочность, когда стальной шар весом в 2 кг бросали на коробку с высоты 40 см, ломалось до 50% изделий. Оптимизация формы снизила брак до 15—30%, но все равно это слишком много.

Компания ищет партнера, который поможет ей определить, какие характеристики пластика перед экструзией монолитного листа из трех слоев либо готового листа нужно измерять, чтобы на их основании можно было предсказать устойчивость готовой коробки к



удару. Этот технологический процесс должен быть внедрен к концу 2018 года.

Передатчик ультразвука

Для очистки труб на электростанциях применяют ультразвук. Излучатель прикрепляют снаружи трубы, и вибрация, усиливаемая текущей в трубе жидкостью, отбивает возникшие на ней наслоения.

Задача — обеспечить высокую эффективность передачи ультразвука от излучателя к внутренней поверхности трубы: потери не должны превышать 20%. Этого можно достичь несколькими способами, например разместив между вибратором и трубой упругую прокладку либо гель. Естественно, такой материал не должен разлагаться ни от ультразвука, ни от нагрева. Можно придумать способ крепления излучателя или предложить готовое техническое устройство, которое легко монтировать и демонтировать. Предполагается, что труба сделана из стали, толщина ее стенки от 6 до 22 мм, диаметр — от 5 см до полуметра. При этом ее поверхность отнюдь не идеально гладкая, на ней могут быть и ржавчина, и неровности от коррозии, внутри же находятся отложения, образующиеся при прокачке газа или нефти. Компания хотела бы провести небольшой эксперимент с образцом или прототипом и по его итогу принять разработку и заключить партнерское соглашение либо ее отвергнуть.

Подготовил
С.М. Комаров

Алмазы на спирту



Скульптор Андре Массон

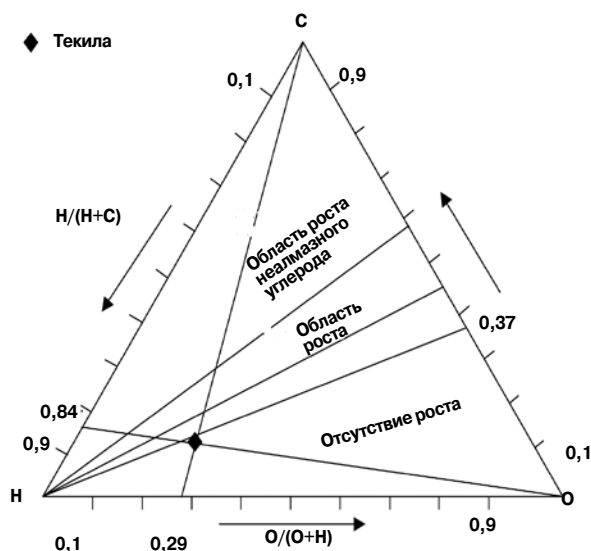
Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Искусственные алмазы можно получать разными методами и из разного сырья; особенно много открывается возможностей, если речь идет не о драгоценных камнях, а о техническом материале. Такой материал — вещь важная: по использованию алмазов в технике (в каратах на единицу ВВП) специалисты оценивают уровень развития технологии в стране. Видимо, поэтому Игнобелевский комитет дважды ошастливил смелых исследователей, которые в поисках оптимального сырья для синтеза алмазов предложили самые нешаблонные варианты. В 2012 году премии мира была удостоена российская компания ООО «СКН» из Снежинска во главе с Игорем Петровым, которая изготавливала наноалмазы при переработке взрывчатки из утилизируемого советского вооружения, а в 2009 году премию по химии вручили мексиканскому трудовому коллективу — Хавьеру Моралесу, Мигелю Апатиге и Виктору Кастаньо, которые получили алмазы из текилы.

Алмаз — метастабильная кристаллическая модификация углерода, и, казалось бы, делать его следует из чистого элемента. Однако когда в качестве сырья используют стабильный кристаллический углерод — графит, нужны сильный нагрев и большое давление, что делает производство слишком дорогим. Но для изготовления мелких технических алмазов или алмазных пленок есть обходной путь: провести реакцию в газовой фазе при низком давлении. В камеру синтеза помещают некое вещество — источник атомов углерода, разлагают его на составляющие атомы, а затем углерод либо осаждается на подложку, либо конденсируется непосредственно в объеме реактора. В первом случае получается пленка, монолитная или состоящая из отдельных микронных кристалликов, во втором — отдельные нано- и микроалмазы. Успех зависит от материала подложки — она должна обеспечивать выстраивание присоединяющихся атомов именно в «алмазном» порядке, — а также от состава веществ в реакционной камере. Опытным путем было установлено, что небольшие, до нескольких процентов, добавки кислорода и водорода способствуют образованию алмазов, без них же растет число дефектных структур, где атомы углерода соединены не алмазной связью, а формируют цепочки полиацетилена либо вовсе образуют графит или аморфный углерод.



Как нетрудно догадаться, примесь именно кислорода и водорода возникла не просто так — для получения алмазов используют органические соединения, которые при распаде как раз и дают эти элементы. Первыми были метан и ацетилен, а потом в дело пошло и множество других соединений. Главное для исследователя — найти такое вещество, при распаде которого возникают оптимальные концентрации всех трех элементов, позволяющие алмазам расти быстро и с минимумом дефектов. К 1990 году знаний накопилось достаточно для того, чтобы выделить в треугольнике C-O-H ту самую область оптимальных концентраций, — эти данные подытожили Питер Бахман с коллегами из исследовательской лаборатории компании «Филипс» в Аахене («Diamond and Related Materials.», 1991, 1, 1, 1—12; doi: 10.1016/0925-9635(91)90005-U). Область эта оказалась весьма обширной (см. рис.), поэтому надежно попасть в нее удастся множеством способов, как правило смешивая органические вещества с водой, что и открывает перед исследователями широкий простор для творчества.



Вот в этом-то треугольнике и разыгрываются истории с применением для синтеза алмазов различного нетрадиционного сырья, включая и горячительные напитки.

Похоже, что первыми были сотрудники Японского технологического института неподалеку от Токио, которые вырастили алмазы из чистого спирта. «Химия и жизнь» сообщила об этом по свежим следам, в 1986 году, процитировав сообщение газеты «Асахи» (1986, № 4). Коллеги же из журнала «Знание — сила» более подробно рассказали, видимо, о той же самой работе в 1989 году (№ 1), добавив, что в качестве сырья были также использованы водка, ром и виски. Вероятно, основой для этих сообщений послужила публикация Хироси Ёиси и Терасавы Юки из того самого Японского технологического института о получении алмазных пленок из метанола, этанола, ацетона и других подобных веществ («Japanese Journal of Applied Physics», 1986, 25/2, 6; doi: 10.1143/JJAP.25.1.519). Им-то и удалось впервые установить, что алмазные пленки из превращенного в пдзаиспирта растут со скоростью 8—10 микрон в час, что в десять раз быстрее, чем из метана или ацетилена. Во всяком случае, других статей о японских подвигах по выращиванию алмазов на спирту в конце 80-х годов не попадает.

По логике вещей, этому японскому коллективу и следовало бы присудить Игнобелевскую премию по химии за получение алмазов из спирта, особенно если коллеги из «Знания — силы» не ошиблись насчет задействованных в опытах виски, рома и водки. Однако, как видно, Игнобелевский комитет, подобно коллегам из Нобелевского комитета, страдает от

избирательных провалов памяти. Или, может быть, им текила больше по душе, кто знает? Во всяком случае, лавры достались не первопроходцам, а последователям, которые о работе предшественников и не подозревали — не упомянули ее в списке литературы. Зато они охотно ссылаются сами на себя. Удостоенные высокой награды мексиканские исследователи Апатига и Кастаньо вовсе не узкие специалисты по алмазным пленкам и микроалмазам. В круг их интересов входит выращивание всевозможных пленок из металлов и неметаллов с помощью одного и того же метода. Воспользовавшись изложенной в «Химии и жизни» (1985, № 8, «Шагадам Магадам и воронка для прикапывания») методикой выявления ролей авторов статьи нетрудно установить, что они владельцы установки для синтеза химических веществ из пара, в которой и проводят свои опыты. А вот материаловедческой лаборатории под рукой, видимо, нет, потому что, разглядев те же текиловые алмазики на подложке и убедившись с помощью рамановской спектроскопии, что полиацетиленовых цепочек в них не имеется, они этим и удовлетворились — даже твердость мерить не стали. Между тем алмазные пленки — чрезвычайно многоплановый материал, они служат и защитными покрытиями, и в качестве абразива, используют их и в микроэлектронике, и в фотонике. Для каждого использования нужен свой набор механических, тепловых и электрических свойств. Так что не очень понятно, почему мексиканские химики рассчитывают на широкое внедрение придуманного ими метода в промышленность.

Без ответа остался и другой вопрос, в чем преимущество текилы перед раствором этанола в воде, коль скоро она и есть раствор этанола в воде с небольшой добавкой эфирных масел и высших спиртов, только стоит дороже? Ступая на скользкий путь гипотез, можно предположить, что в Мексике возникли тяжелые времена (все-таки исследование проводили в 2008 году, в начале очередного финансового кризиса и краха нефтяного рынка), в связи с чем использование спирта в научных лабораториях стали жестко регламентировать. А текила — вот она, сбродил листья агавы, отогнал, и напиток готов. Да и кто знает, может быть у первого автора — Моралеса, или у таинственного господина А.Лоэса — ему в конце статьи вынесена отдельная благодарность, — есть заводик по производству текилы, которая, таким образом, оказывается условно бесплатной, особенно если тот же кризис вызвал трудности со сбытом? Во всяком случае, игнобелевские лауреаты выражали четкую уверенность, что придуманная ими технология позволяет получать великолепные алмазные пленки из дешевого сырья, причем в промышленных количествах. Да и то сказать, на одну пленку, которую растили три часа, ушло сто двадцать граммов горячительного. При массовом производстве пленок спрос на агавовую водку явно вырастет, обеспечив мексиканских крестьян новыми рабочими местами.

С номинацией за детонационные наноалмазы тоже приключилась путаница. Во-первых, снежинская компания «СКН» не делает наноалмазы из взрывчатки — она покупает алмазную шихту и оттуда вычищает наноалмазы. Взрывы же

проводит совсем другая компания. А во-вторых, отнюдь не лауреат Игнобелевской премии мира был первопроходцем — технологию получения алмазов в результате взрыва разработали советские ученые еще в 1963 году, а промышленные установки, работающие по этой технологии, появились в 80-х годах. Идея же состояла в том, что изготовление алмазов взрывом дает огромную производительность по сравнению с их получением из графита. Более того, нет никаких принципиальных ограничений на объем взрывной камеры, разве что соображения безопасности: чем больше объем, тем выше опасность. Хотя большинство заводов используют камеры объемом в два кубометра, где за один раз взрывают до килограмма взрывчатки и получают до 2,5 кг алмазов за смену, в киевском ЗАО «Алит» в 90-х годах построили гигантскую установку объемом 100 кубометров в форме железно-дорожной цистерны. В ней можно было взрывать до 10 кг взрывчатки за один раз. Кроме того, такой синтез не требует расхода дорогих металлических катализаторов, получают же алмазные поликристаллы, обладающие наноструктурой. В общем, на момент вручения премии в мире уже давно существовала высокотехнологичная отрасль по изготовлению детонационных наноалмазов.

Со временем технологию совершенствовали, взрывать стали не чистую взрывчатку, а окружали ее водой или льдом. Самая перспективная на сей момент методика рекомендует добавлять в воду восстановитель (лучше всего себя показал уротропин) в том же количестве, что и взрывчатки. Главная задача — получить как можно больше наноалмазов и как можно меньший несгораемый остаток взрывчатки, ведь от последнего образовавшуюся алмазную шихту приходится тщательно отчищать, а это дополнительные затраты. Добавка уротропина как раз и позволяет снизить содержание несгораемых примесей в наноалмазах до рекордной 0,1% по весу.

До сих пор, однако, остается загадочным сам механизм формирования наноалмазов. Одни исследователи предполагают, что в начале стоит распад компонентов взрывчатки

на составляющие, конденсация атомов углерода в кластеры, которые или сразу становятся алмазами, или претерпевают превращение на фронте взрывной волны, где развиваются достаточные давления. Другие отмечают, что энергии взрыва никак не хватает для того, чтобы разорвать внутримолекулярные связи, поэтому их разрыв случается лишь на фронте ударной волны, когда получившиеся радикалы и формируют углеродный каркас. В зависимости от давления и температуры он может быть графитовым или алмазным, а потом такой зародыш углеродной частицы освобождается от легколетучих соединений. С этими сложностями связана непростая структура алмазной наночастицы. У нее есть округлое алмазное ядро, чешуи переходного слоя с различными гексагональными узорами из атомов углерода, а снаружи пришиты многочисленные углеводородные и азотсодержащие радикалы — продукты взрыва. Ведущая роль ударной волны определяет задачу технолога — обеспечить как можно большую ее продолжительность и интенсивность, во время взрыва и впоследствии, когда она отражается от стенок камеры и при обратном проходе складывается сама с собой. Для управления волной применяют водяную или ледяную рубашку, вес которой десятикратно превышает вес взрывчатки.

Единственное, в чем правы члены Игнобелевского комитета, так это в том, что окончание холодной войны высвободило значительные объемы взрывчатки, которую нужно было утилизировать, желательнее не на поле боя, а мирными средствами. Такое сырье, даже не дармовое, а с отрицательной стоимостью — хранение старых боеприпасов, их охрана требуют дополнительных затрат, от которых при утилизации можно избавиться, — делает производство наноалмазов экономически более привлекательным. И конечно же уничтожение взрывчатки, своего рода перековывание мечей на ораля, — дело благое. Во всяком случае, эти боеприпасы не были использованы по назначению в какой-то горячей точке мира



Зачем нужны наноалмазы?

По материалам обзора кандидата химических наук, начальника отдела ФГУП СКТБ «Технолог» СПбГТИ **В.Ю. Долматова** в журнале «Успехи химии», 2007, 76, 4, 339-360)

Детонационные наноалмазы обладают интереснейшими свойствами и могут найти применение во многих областях, от медицины до водородной энергетики. Однако в настоящее время есть лишь три области применения наноалмазов. Первая — гальваническое производство. В промышленности добавки наноалмазов используют прежде всего при хромировании и золочении изделий. Даже при небольшой концентрации наноалмазы, равномерно распределившись по осаждаемой металлической пленке, уменьшают размер ее кристаллитов и в разы снижают пористость. В результате повышается прочность и коррозионная стойкость покрытия, а стойкость к истиранию возрастает во много раз: пленка из хрома с наноалмазами в четыре раза превосходит нитрид титана — материал, знаменитый своей износостойкостью. Именно наноалмазы для гальваники и производит лауреат Игнобелевской премии мира 2012 года, продавая их как в РФ, так и зарубежным партнерам.

Хорошие успехи достигнуты и в опытах по применению наноалмазов в покрытиях из других металлов — серебра, никеля, железа, олова, цинка. При этом использование чистых наноалмазов, как правило, дает лучшие результаты, чем неочищенной наноалмазной шихты, но не качественно лучшие.

Наноалмазы в небольшом количестве (0,1—0,3%) оказались прекрасным компонентом полировальных жидкостей. Объяснение предлагают следующее. Поскольку каждый алмаз окружен шубой из радикалов, его заряд отнюдь не равен нулю. Частички наноалмазов слипаются, образуя в растворе фрактальные структуры. Они легко разрушаются и легко восстанавливаются, поэтому способны менять структуру получившейся композитной жидкости в зависимости от возникающих в ней напряжений. В итоге нагрузка на полируемую поверхность распределяется более равномерно, и это обеспечивает чрезвычайно высокое качество полирования — можно добиться атомной гладкости,

избегав при этом опасности возникновения поверхностных остаточных напряжений. Такие полировальные жидкости незаменимы при изготовлении зеркал и других элементов прецизионной оптики. Составляя композиции из наноалмазов различного размера, можно получать полировальные смеси, которые обеспечат нужную и, главное, воспроизводимую шероховатость поверхности с масштабом от долей до единиц нанометров. Сейчас доказано, что полировать наноалмазами можно не менее трех десятков веществ, в том числе сталь, твердые сплавы, кварц, сапфир, кремний, кристаллы поваренной соли и бромида калия.

Аналогичный механизм фрактальных структур используют, добавляя наноалмазную шихту в смазку: в ней нагрузки также распределяются более равномерно по поверхностям трущихся деталей. То, что наноалмазы не отделены от графитоподобных частиц, даже хорошо — качество смазки от присутствия таких мягких частиц только повышается. С другой стороны, твердый углеродный материал заполняет каверны на защищаемой поверхности, что снижает скорость ее разрушения. Если же из-за большой нагрузки смазочная

Наноалмазы планет

Алмазы образуются из компактного углерода при высоких давлениях и температурах. Наноалмазы же формируются из того углерода, что возникает при распаде органического вещества, будь это взрыв или плазменный разряд в атмосфере метана либо более сложных веществ вроде текилы. А где у нас в Солнечной системе много органики? Правильно, на планетах-гигантах. У газовых гигантов содержание метана в атмосфере составляет около 1%, а на ледяных метан входит в состав льда, многотысячекилометровым слоем покрывающего их поверхность. Не могут ли там сами собой протекать реакции, приводящие к формированию алмазов?

Эта идея появилась на свет лет тридцать назад, а ее основоположником часто называют Марвина Росса из Ливерморской национальной лаборатории Минэнерго США, который в 1981 году опубликовал статью об алмазах внутри ледяных гигантов («Nature», 1981, 292, 435—436; doi: 10.1038/292435a0). Согласно его рассуждениям, происходит следующее. Ледяные гиганты имеют атмосферу из гелия и водорода, под которой находится слой льда из воды, метана и аммиака, а еще глубже каменное ядро. Лед можно назвать «льдом» весьма условно; например, в случае Нептуна на границе с атмосферой его температура составляет 2200 К при давлении 20 ГПа, а на границе с ядром — 7000 К при 600 ГПа. То есть это жидкость, подобная мантии нашей планеты. Вот

эти-то чудовищные давление и температура, по мысли Росса, должны создавать условия сначала (в слоях повыше) для полимеризации метана, а потом (пониже) для распада углеводородов на углерод и водород. При этом водород будет улетать прочь, формируя водородную атмосферу, углерод — объединяться в твердые частицы и тонуть, а попав в область соответствующего давления, он станет алмазом. На каменные ядра этих планет должен сыпаться алмазный снег.

Поддержку этой гипотезе оказала недавняя работа, в которой объединили усилия 23 исследователя из 12 научных организаций ФРГ, США, а также Японии и Великобритании («Nature Astronomy», 2017, 1, 606—611; doi: 10.1038/s41550-017-0219-9). С помощью лазера они создавали мощные ударные волны в шарике из полистирола. И действительно, если развиваемое волной давление оказывалось на уровне 140—160 ГПа, полистирол превращался в жидкость из углерода и водорода, в которой появлялись наноалмазы. Более того, они частично сохранялись после окончания процесса — значительная их часть, как предполагают, растворялась из-за реакции с агрессивным водородом по мере разгрузки образца. У Нептуна и Урана такое давление имеется на глубине 10 000 км, значит, там и работает реактор по преобразованию в алмазы метана и возникшей из него нефти. Водород улетает вверх, алмазы падают вниз, и, выходя,

за миллиарды лет каменные ядра этих планет покрылись многокилометровым алмазным слоем. Главное, чтобы они не нагревались до температуры плавления.

Такой же алмазный снег может идти на газовых гигантах, только у них углерод высвобождается из метана при ударах молнии («Bulletin of the American Astronomical Society», 2013, 49, 9, abstract 512.09). По мнению авторов идеи, Моны Делитски и Кевина Бейнса, концентрация такого высвободившегося углерода достаточно велика, чтобы его атомы могли слипнуться в твердые частицы и даже породить черные облака; их-то космический корабль «Кассини» и заметил в атмосфере Сатурна. Падая, частицы углерода на глубине в 6000 км достигнут области превращения в алмазы. Дальнейшее падение ведет к нагреву, и на глубине 36 000 км алмазы расплавятся.

Оппоненты утверждают, что углерода при ударе молнии возникает слишком мало, а водорода вокруг много и указанные частицы обратятся в метан раньше, чем станут алмазами. Бейнс и Делитски, впрочем, не огорчены критикой и в научно-популярной книге «In Alien Seas: Oceans in Space» («В чужих морях: океаны в космосе») упоминают следующий научно-фантастический сюжет. Через два века человечество создаст роботов, которые смогут погружаться в атмосферу планет-гигантов на должную глубину и в прямом смысле слова ловить падающие с неба алмазы. Правда, использовать добычу можно только для внеземной деятельности, в противном случае весь рынок драгоценных камней рухнет.

жидкость оказалась вытесненной из пространства между трущимися деталями, то наноалмазы работают как подшипники качения, опять-таки снижая трение. Добавка десятых долей процента наноалмазов в смазку снижает расход топлива автомобильным двигателем на 3—6% при увеличении мощности на 4—8%. Ресурс токарного инструмента, если добавлять наноалмазы в охлаждающую резец жидкость, повышается в полтора — четыре раза. Однако нельзя сказать, что наноалмазная смазка уникальна — в этом секторе алмазам приходится конкурировать с фторопластом, добавки наночастиц которого обеспечивают схожие характеристики.

Естественно, наноалмазы в полимере, как и другие наночастицы, способствуют увеличению прочности и улучшению других механических свойств композита, но непонятно, удалось ли в этой области наноалмазам победить многочисленных конкурентов. Скорее всего, алмазная шихта тут не подойдет, нужны чистые алмазы с определенными и не меняющимися от партии к партии характеристиками.

А вот в медицине проделаны лишь немногочисленные предварительные опыты. Учитывая нерастворимость на-

ноалмазов в биологических жидкостях, химическую инертности и отсутствие информации о токсичности или мутагенности, их можно считать потенциальным лекарством. Механизм действия обусловлен той же самой шубой из радикалов и множества неспаренных электронов на поверхности частиц. Наноалмаз — это, по сути, многофункциональный радикал. Такая частица может как уничтожать радикалы в организме, выполняя роль антиоксиданта, так и генерировать новые радикалы, выступая в качестве орудия убийства клеток. Есть мнение, что способность к регулированию числа радикалов может сделать наноалмазы интересным средством противопухоловой терапии. Во всяком случае, в немногочисленных опытах их способность ликвидировать клетки опухолей была продемонстрирована, а смельчаки, потреблявшие водную суспензию наноалмазов, жили дольше, чем давал прогноз их состояния. Другие участники экспериментов отмечали, что прием суспензии наноалмазов благотворно сказывается на деятельности желудочно-кишечного тракта — исчезают боли, нормализуется перисталь-

тика, восстанавливается проходимость кишечника, и, самое главное, к пациенту возвращается воля к жизни. Есть идеи и пришивать к наноалмазам лекарства, например противораковый препарат доксорубицин — такая частица, попав в клетку, останется в ней и действие лекарства будет более продолжительным.

Очевидно, что биологическая активность должна зависеть от свойств шубы на поверхности частиц и для адекватных медицинских экспериментов нужно, чтобы эти свойства были стабильны во время длительного цикла производства. Тут требуется несколько более высокая культура производства и контроля качества, чем при изготовлении компонентов смазки. Возможно, при решении этой проблемы нанотехнологам в союзе с медиками удастся достичь интересных результатов, подтвержденных методами доказательной медицины. Пока остается верить на слово, что настойка наноалмазов на спирту очень недурна, — тут ничего не изменилось за двадцать лет, с тех пор как первый материал о взрывных наноалмазах был опубликован в «Химия и жизнь» (1999, 1).

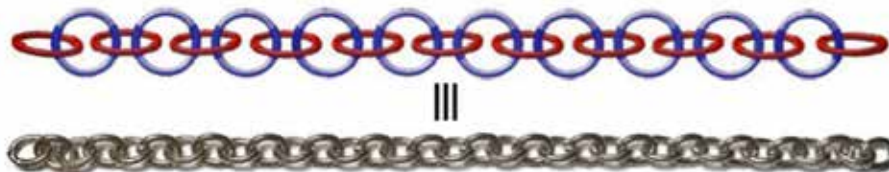
Самая длинная молекулярная цепь

ХЕМОСКОП



Название «катенаны» произошло от латинского слова *catena* — «цепь». В этих соединениях макроциклы соединяются друг с другом не за счет химических связей, а сцепляясь механически, подобно звеньям цепи. До недавнего времени, однако, это были скорее коротенькие обрывки цепей — самые длинные катенаны состояли не более чем из десятка звеньев. Но теперь появился катенан-рекордсмен из 130 механически сцепленных макроциклов («*Science*», 2017, doi: 10.1126/science.aar7675).

Катенаны обладают необычными свойствами, которые стали предметом исследования сравнительно недавно. Потенциальные области их применения — создание катализаторов, средств для адресной доставки лекарственных препаратов, а также молекулярных машин (см. «Химию и жизнь», 2016, 11). Многие полагают, что сходство катенанов с металлическими цепями, одновременно



гибкими и прочными, позволит изготавливать на их основе отличные ударопоглощающие материалы.

Однако получение полимерных катенанов, в которых многочисленные звенья-макроциклы соединены только механическим сцеплением, — непростая задача. Самая длинная до недавних пор цепь катенана получена еще двадцать с лишним лет назад, и она состоит всего из семи колец («*Angewandte Chemie. Int. Ed.*», 1997, 36, 2070—2072, doi:10.1002/anie.199720701) — едва ли такая структура заслуживает аффикса «поли». В новой работе исследователи из группы Стюарта Рована, работающего в Университете Чикаго, смогли получить линейный катенан из 26 макроциклов и разветвленные катенановые цепи, в состав которых входит до 130 элементов.

Ключом к успеху стала методика синтеза, которую разработал нобелевский лауреат 2016 года Жан-Пьер Саваж (см. «Химию и жизнь», 2016, 11), а также способ очистки, предложенный Рованом с коллегами. Для очистки поликатенанов после окончания реакции исследователи прибавляли к реакционной смеси ионы цинка(II). Эти ионы предпочитают взаимодействовать с теми макроциклами, которые механически связаны с другими макроциклами (так называемый катенандовый эффект). Более длинные цепи накапливают больше ионов цинка и выпадают в осадок, в то время как мономеры и короткие олигомеры остаются в растворе. Рован с коллегами уверены, что их подход со временем позволит получить поликатенаны с еще большим количеством звеньев.

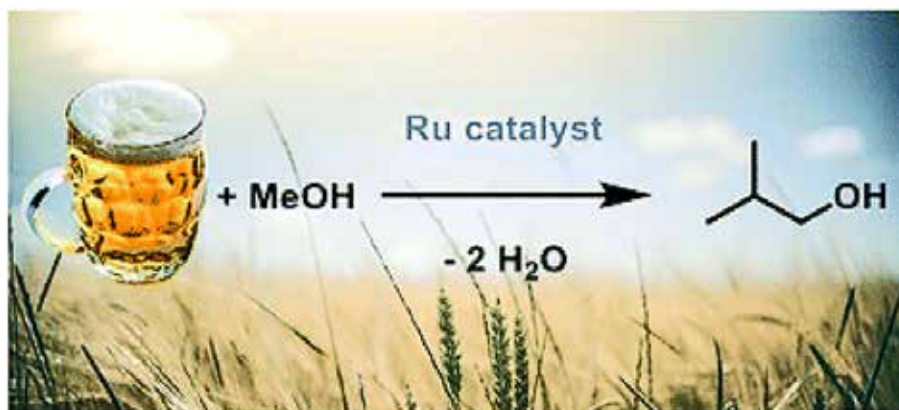
Пиво превращается в топливо

ХЕМОСКОП



Химики из Университета Бристолья показали, как получить из пива экологически безопасное возобновляемое топливо, — задача весьма актуальная в перспективе истощения углеводородных запасов («*Catalysis Science and Technology*», 2017, 7, 5128—5134, doi: 10.1039/C7CY01553D).

Одним из самых распространенных видов экологически эффективного топлива считается биоэтанол. Так, в США обычный бензин, который продается через сеть бензоколонок, содержит 10% биоэтанола. Тем не менее этанол нельзя назвать идеальной заменой бензину — он обладает меньшей энергетической емкостью, легко смешивается с водой и может вызывать коррозию элементов двигателя. Изомерные бутиловые спирты (часто их смесь имеет коммерческое обозначение «бутанол») лучше этанола, однако получать биобутанол сложнее, чем биоэтанол.



Исследователи из Университета Бристолья несколько лет пытались разработать технологию конвертации доступного этанола в бутанол. Способы получения бутилового спирта из этилового уже существовали, однако все они годились только для чистого обезвоженного этанола и могли быть реализованы только

в лаборатории. Чтобы процесс можно было довести до промышленного производства, сырьем должен быть бульон ферментации, состоящий преимущественно из воды (до 90%) и содержащий различного рода примеси.

Руководитель исследования профессор Дункан Уосс отмечает, что идеальная

модель для бульона ферментации — слабые алкогольные напитки, то есть вино или пиво. По его словам, технологию, которая будет работать с этими напитками (в особенности с пивом), можно использовать и в промышленном масштабе.

Исследователям удалось найти рутенийбисфосфиновый катализатор $\text{RuCl}_2(\text{dppm})_2$ (dppm — 1,1-бис(дифенилфосфино)метан), которые превращают этанол пива в

бутанол, при этом предлагаемый ими каталитический процесс подходит и для больших количеств исходных веществ. Уосс подчеркивает, что любителям пива нет нужды беспокоиться — никто не планирует перегонять пиво на топливо и вообще использовать с этой целью пищевые сельхозкультуры, пиво всего лишь модель более дешевого сырья.

Преимущество подхода, разработанного Уоссом с коллегами, в том, что их методы выделения бутанола из

реакционных смесей и его очистки совместимы с оборудованием, применяющимся на нефтеперерабатывающих предприятиях. Помимо практических задач масштабирования, исследователи развивают и академическую составляющую проекта — они изучают механизм обнаруженной реакции, пытаются выяснить причины активности предложенного ими катализатора и создать новый, более эффективный.

Аккумуляторы станут безопаснее

Исследователи из Японии разработали огнестойкие электролиты для источников питания, которые работают не хуже, а в ряде случаев даже лучше, чем электролиты, применяемые сегодня («Nature Energy», 2017, doi: 10.1038/s41560-017-0033-8).

Литий-ионные аккумуляторы — сердце современной бытовой электроники: они обеспечивают достаточно высокое напряжение и высокую плотность заряда. Но есть у них и недостаток — из-за горючих электролитов литий-ионные аккумуляторы пожароопасны. Разработка натрий-ионных аккумуляторов, комплексы которых планируют использовать для хранения возобновляемой энергии, еще увеличивает риск: при концентрации в одном месте большого количества источников питания один загоревшийся аккумулятор способен поджечь всю систему.

Обычно электролит в литий- или натрий-ионном аккумуляторе представляет собой разбавленный раствор гексафторфосфата щелочного металла в легко воспламеняющейся жидкой смеси органических карбонатов — сложных эфиров угольной кислоты. Во время первого цикла зарядки электролит разлагается на аноде, формируя тонкую пассивирующую пленку, которая стабилизирует электрод в дальнейших циклах. К электролиту пытались добавлять антипиреновые вещества, например триметилфосфат, но такой электролит не обеспечивал необходимую пассивацию анода, защитная пленка покрывала его не полностью, и при зарядке электролит непрерывно разрушался с выделением газообразных продуктов.

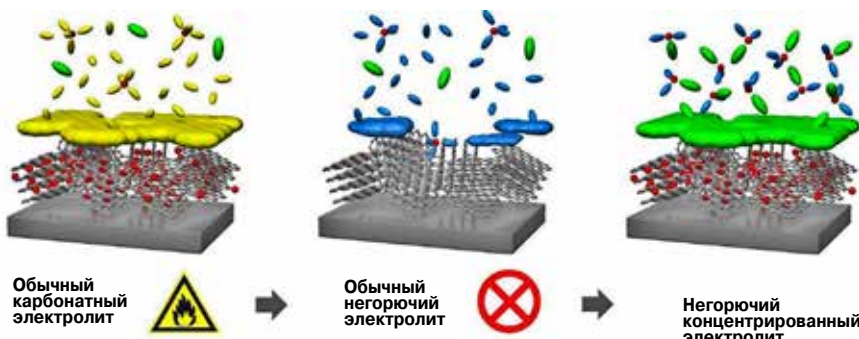
Исследовательская группа под руководством Ацуо Ямады из Университета Токио создали полностью пожаробезопасные литий- и натрий-ионные аккумуляторы, отказавшись от обычных карбонатных электролитов. Вместо них ученые использовали раствор соли — бис(трифторсульфурил)имида соответствующего металла в чистом триметилфосфате. В нем можно растворить больше соли, а значит, поместить в источник питания больше ионов щелочных металлов, чем содержится в обычных коммерчески доступных аккумуляторах. Электролит нового типа образует устойчивую пассивирующую пленку, несмотря на отсутствие карбонатов, — анализ показал, что этот слой образуется в результате разложения не жидкого компонента электролита, а растворенной соли.

Такой подход не только увеличивает огнестойкость. Натрий-ионные аккумуляторы с новым типом электролита сохраняли 95% емкости после 1200 циклов

зарядка-разрядка. Это значительно превосходит возможности натрий-ионных аккумуляторов, в которых используется классический электролит, — их емкость существенно понижается уже после 200 циклов. Литий-ионные источники питания с новым электролитом не демонстрируют никаких преимуществ в производительности по сравнению с коммерчески доступными образцами, однако и не уступают им. Сам Ямада уверен в перспективности пожаробезопасных аккумуляторов и полагает, что более строгую проверку нужно проводить уже не в условиях университетской лаборатории, а на производстве, с учетом всех испытаний, которым аккумуляторы подвергают изготовители бытовой электроники.

Выпуск подготовил кандидат химических наук
А.И.Курамшин

ХЕМОСКОП



До сих пор при производстве аккумуляторов приходилось выбирать между опасностью возгорания и стабильностью электрода. Новые аккумуляторы и негорючие, и анод в них надежно защищены пассивирующей пленкой

Мифы о продуктах питания



«**П**роисходит постоянное отравление населения всей Земли. Все продукты сейчас отравлены. Посмотрите на этикетки эндогриентов продуктов в магазинах. И там еще далеко не все написано. Человечество скоро вымрет, как мамонты» (из частного письма).

Тезис о том, что «все продукты сейчас отравлены», — типичное проявление хемофобии, а хемофобия — следствие незнания и деятельности нечистоплотных СМИ. Кстати, по слову «эндогриенты» можно судить о глубоких познаниях автора не только в химии и экологии, но и в русском языке. Послушать алармистов, в пищевой промышленности работают вредители, которые коварно отравляют продукты. Однако население Земли вовсе не вымирает, а увеличивается, причем быстро, и средняя продолжительность жизни постоянно растет.

Разумеется, жизнь — рискованное предприятие, но не из-за продуктов питания — для человека она всегда была сопряжена с опасностями. Когда-то главными из них были голод, холод и дикие звери, для современного городского жителя опасность представляют улица, транспорт и скользкий пол в ванной. Статистика дает возможность оценить риски количественно. Обычно принимается, что вероятность смерти в одну миллионную (10^{-6}) считается приемлемой. Вот список действий, которые приводят к смерти с указанной вероятностью.

- Поездка на поезде, 2500 км
- Полет на самолете, 2000 км
- Поездка на автобусе, 80 км
- Поездка на автомобиле, 65 км
- Езда на велосипеде, 12 км
- Езда на мотоцикле, 3 км
- Курение, 1,5 сигареты
- Совместное проживание с курящим, 2 месяца
- Альпинизм, 2 минуты

А вот некоторые данные о профессиональных рисках — на примере Великобритании (приведено число смертей на миллион человек в 1970-е годы).

Легкая промышленность (одежда, обувь)	5
Автомобильная промышленность	15
Мебельная промышленность	40
Производство стройматериалов	65
Химическая промышленность	85
Кораблестроение	105
Сельское хозяйство	110
Строительство	150
Добыча угля	210
Морская нефтегазодобыча	1650

Некоторые риски неизбежны, причем они очень сильно зависят от профессии и образа жизни.

Как видим, химическая промышленность — одна из менее опасных. Намного рискованнее для человека его собственный дом. В США, например, 910 человек из миллиона получили в 1980 году травмы от разбитых окон или стеклянных дверей и более 3300 — из-за падения с лестницы. В Англии падение с лестницы привело в том же году в среднем к смерти 12 человек из миллиона (для женщин старше 75 этот показатель был на порядок выше).

Некоторые риски люди, как правило, сильно переоценивают. Это, например, гибель от ботулизма, прививок, беременности, отравления. В то же время другие значительно недооценены, в частности сердечная недостаточность, рак желудка, диабет, инсульт. Такие диспропорции — результат деятельности СМИ, которые, намеренно или нет, искажают действительное положение вещей. На самом деле с ростом среднего благосостояния населения риски для человека вовсе не обязательно снижаются, а некоторые даже увеличиваются.

А велик ли риск от того, что городской житель в основном ест сейчас продукты не из своего сада и огорода, а массово произведенные на предприятиях пищевой промышленности и прошедшие ту или иную химическую обработку? Реклама настойчиво предлагает тем, кто заботится о своем здоровье, питаться исключительно органическими продуктами, выращенными без всякой злой химии. У химика термин «органические продукты» сразу вызывает улыбку и вопрос, существуют ли продукты неорганические. Когда-то говорили «экологически чистый», что, впрочем, тоже звучало загадочно,

теперь распространилась калька с английского. На «органический сахар» Google дает 66 тысяч ссылок, а на «organic sugar» — полмиллиона. Хотя и «органический сахар», и обычный, что тростниковый, что из сахарной свеклы, содержит те же самые молекулы сахара $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Особенно много страшилок в сети посвящено пищевым добавкам, веществам, помеченным буквой Е. Прежде всего, эта буква — от слова Europe: индекс Е означает, что добавка прошла комплексную токсикологическую проверку и зарегистрирована медицинскими организациями Европейского сообщества. Далее, многие из этих страшных Е содержатся в любом фрукте и овоще, даже если он вырос сотни лет назад. Так, в яблоках, кроме указанных добавок, есть целлюлоза (Е460) — основной строительный элемент клеточных стенок высших растений. Тем не менее, согласно интернет-опросу, треть граждан считает эту добавку вредной. Лимонную кислоту (Е330) посчитали вредной для здоровья 43% из 500 опрошенных, а если бы вместо лимонной кислоты написали ее номенклатурное название (2-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоновая кислота), ее посчитали бы вредной, скорее всего, 100% — название-то какое страшное!

Лучше бы людям знать и помнить, что есть очень вредные и даже ядовитые натуральные продукты. Известный пример — ядовитые ягоды картофеля,



Обычное яблоко содержит:

Антиокислители и регуляторы кислотности

E300 — аскорбиновая кислота
E330 — лимонная кислота
E334 — винная кислота
E363 — янтарная кислота
E375 — ниацин

Красители

E101 — рибофлавин
E140 — хлорофилл
E160a — каротин
E163 — антоциан
E181 — танин

Консерванты

E260 — уксусная кислота
E270 — молочная кислота
E280 — пропионовая кислота
E296 — яблочная кислота



Эмульгаторы и загустители

E440 — пектин

Усилители вкуса и запаха

E620 — глутаминовая кислота

Прочее

E921 — цистин

Ароматизаторы

ацетальдегид

гексанел

бутан-1-ол

бутил-ацетат

пропил-ацетат

этил-бутаноат

гексилпропаноат

гексилгексаноат

похожие на маленькие помидоры. Считается, что они были одной из причин массовых «картофельных бунтов» в России первой половины XIX века. Они ядовиты из-за алкалоида соланина, который, кстати, образуется в клубнях при их хранении, особенно на свету (первый признак — позеленение клубней из-за образования безвредного хлорофилла). С другой стороны, все обычные, естественные продукты содержат те самые вещества, которых, если они обозначены как «Е», пугаются люди.

Правда ли, что следует считать безвредными для здоровья только такие «органические» продукты питания, которые выращены без применения синтетических химических удобрений и ядохимикатов? Во-первых, это неправда. Данные научных исследований показывают, что не существует свидетельств особо благотворного влияния «органической пищи» на здоровье человека. А во-вторых, в таком случае люди вернутся в прошлые века, когда урожаи были настолько низкими, что могли прокормить в несколько раз меньшее население, чем сейчас. Отсутствие пестицидов — средств от вредителей — приводило порой к массовому уничтожению посевов саранчой.

Все растения сами вырабатывают пе-

стициды для защиты от грибов, насекомых и животных (включая человека). Примером может служить упомянутый выше соланин. Люди давно используют природные пестициды — в виде экстрактов, настоев, порошков. Один из самых известных — ромашка пиретрум. Пестициды содержатся также в зеленом перце, табаке, чесноке, многих других растениях. По оценкам, каждый американец в среднем съедает ежедневно 1,5 г природных пестицидов. В то же время, по данным FDA (Управление по контролю пищевых продуктов и лекарственных средств в США), ежедневно в организм человека также попадает около 0,1 мг синтетических пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве, то есть в 15 000 раз меньше. Причем в «органических» хозяйствах часто используют специально выведенные растения, устойчивые к насекомым, но такие растения вырабатывают больше природных пестицидов, что не всегда желательно. Например, как отмечает известный американский биохимик и генетик, специалист по онкологическим заболеваниям Брюс Эймс, выведенный традиционными методами селекции новый сорт сельдерея содержит в восемь раз больше псоралена, чем традиционный сельдерей. Псорален давно



СТО ХИМИЧЕСКИХ МИФОВ

используется для лечения псориаза методом PUVA-терапии (от Psoralen и UV-A — мягкий ультрафиолет): это вещество резко повышает чувствительность кожи к УФ-излучению. Поэтому неудивительно, что у рабочих, имеющих дело с «новым сельдереем», на солнце появлялась сыпь на коже.

Вера в то, что природные химические соединения чем-то отличаются от синтетических, возвращает нас на два века назад, в те времена, когда верили, что органические соединения могут получаться только в присутствии *vis vitalis* — «жизненной силы». Ниже приведена таблица природных и синтетических ядов, которая показывает, во-первых, что среди самых сильных ядов есть и синтетические, и природные, а во-вторых, что всё зависит от дозы, в соответствии с латинской поговоркой *sola dosis facit venenum*: только доза делает вещество ядовитым.

Токсичность (LD₅₀) различных веществ, мг на 1 кг массы тела крысы

Сахар (сахароза)	29 700
Витамин С	11 900
Циануровая кислота	7700
Сульфид кадмия	7080
Поваренная соль	3000
Парацетамол	1940
Мышьяк (чистый)	760
Аспирин	200
Кофеин	190
Нитрит натрия	180
Оксид кадмия	70
Фторид натрия	50
Никотин	50
Стрихнин	16
Оксид мышьяка(III)	14
Цианид натрия	6,4
Белый фосфор	3
Хлорид ртути(II)	1
Оксид бериллия	0,5
Афлатоксин В ₁	0,48
Токсин змеи тайпана Маккоя	0,025
Диоксин	0,020
Газ VX	0,0023
Майтотоксин	0,00013
Полоний-210	0,000001
Токсин ботулина	0,0000001



И.А.Леенсон

Человек, который любил химию

Доктор химических наук

Г.В.Эрлих

В ноябре ушедшего года исполнилось 150 лет со дня рождения выдающегося российского химика Владимира Николаевича Ипатьева. Мы не раз писали о нем и пишем вновь, поскольку работы и мысли Владимира Николаевича по-прежнему чрезвычайно актуальны. Вот сегодня, рассуждая о необходимости модернизации отечественной химической промышленности, мы неизбежно вспоминаем Ипатьева, его пионерские работы в области нефтехимического синтеза и катализа. Для тех, кто не знаком с судьбой В.Н.Ипатьева и его работами, эта статья будет откровением: невозможно представить, что один человек мог сделать так много. Тем же, кто хорошо знает труды Ипатьева, эта статья даст еще один повод задуматься о судьбах нашей страны, ее науки и промышленности.

Катализ — главный процесс большой химии. Сегодня он обеспечивает более 80% продукции химических отраслей и около 20% ВВП развитых стран. Обратите внимание на последнее число: ведь это больше, чем вклад электроники, автомобилестроения, строительства, любой другой отрасли материального производства!

До систематических исследований катализа как явления наука выросла лишь через много десятилетий после его открытия — в конце XIX — начале XX века. Важность получаемых результатов была оценена быстро. Одну из первых Нобелевских премий по химии присудили в 1909 году Вильгельму Оствальду «за изучение природы катализа и основополагающие исследования скоростей химических реакций». В 1912 году Нобелевскую премию получил французский химик Поль Сабатье «за предложенный им метод гидрогенизации органических соединений в присутствии мелкодисперсных металлов, который резко стимулировал развитие органической химии». Промышленная реализация каталитических процессов также не заставила себя долго ждать. Фриц Габер и Карл Бош разработали процесс каталитического синтеза аммиака из водорода и атмосферного азота при высоком давлении. За этой скучной формулировкой скрывается один из важнейших прорывов в истории человеческой цивилизации. Процесс Габера открыл путь к крупномасштабному производству азотных удобрений и резкому росту урожайности сельскохозяйственных культур. За это Габеру присудили Нобелевскую премию по химии в 1918 году. Бош также получил свою Нобелевскую премию в 1931 году «за заслуги по введению и развитию методов высокого давления в химии».

Это были титаны с интересными, подчас драматическими судьбами. Но в этой статье речь пойдет не о них, а об их современнике. Вот как аттестовал его на торжественном заседании Американского химического общества, посвященного семидесятипятилетию ученого, нобелевский лауреат Рихард Вильштеттер: «Никогда за всю историю химии в ней не появлялся более великий человек, чем Ипатьев».



фото: Родина

Генерал-лейтенант Владимир Николаевич Ипатьев (1916–1917)

Ему вторил известный американский химик Фрэнк Уитмор: «Среди многих замечательных химиков Россия дала миру трех выдающихся. Это Ломоносов, Менделеев и Ипатьев. Ипатьев оказал гораздо большее влияние на мировую химию, чем оба его знаменитых соотечественника. Он был химиком-первооткрывателем и продолжает таким оставаться до сих пор». Ипатьева называют отцом современной нефтепереработки и нефтехимии. К моему великому стыду, в студенческие годы, уже работая на кафедре химии и органического катализа, я слыхом не слыхивал о Владимире Николаевиче Ипатьеве. И то, что он был вычеркнут из официальной отечественной истории, не может служить мне оправданием. Историю своей страны надо знать, во всем ее величии и неприглядности.

«Жизнь одного химика» — автобиографическая книга В.Н.Ипатьева, изданная в двух томах в Нью-Йорке в 1945 году. Эту книгу можно читать как роман, ведь долгая жизнь, прожитая В.Н.Ипатьевым, была удивительной сама по себе, даже безотносительно сделанных им научных открытий.

Владимир Ипатьев родился в 1867 году в дворянской семье. Отец, Николай Алексеевич, — уже немолодой, известный московский архитектор. Мать, Анна Дмитриевна, — в девичестве Глики, гречанка. Через два года родился брат Николай, который, сам того не желая, оказался косвенно причастен к одному из самых позорных деяний нашей истории. А еще через три года дети лишились матери. Во многих биографиях написано, что Анна Дмитриевна умерла, возможно, так говорили и мальчикам, однако на самом деле она ушла к Александру Чугаеву, скромному учителю физики, в которого была влюблена с юности. В этом союзе родился

сын Лев, также ставший известным ученым. Тут поневоле задумаешься о существовании генов научной гениальности, которые передаются по женской линии.

О том, что у него есть младший брат, Владимир Ипатьев узнал лишь в сорокалетнем возрасте, а общественность — еще десятью годами позже в результате курьезного случая. Дело в том, что В.Н.Ипатьев и Л.А.Чугаев одновременно баллотировались в Академию наук. Во время представления их академическому собранию прозвучала девичья фамилия их матери — одна и та же. Председательствующий даже попенял секретарю за небрежное составление справки-объективки, но никакой ошибки, как мы теперь знаем, не было. И высокое собрание решило «на первый раз» избрать в академики старшего из братьев.

Но до этой вершины Владимиру Ипатьеву предстояло пройти долгий и тяжелый путь. После разрыва родителей мальчики по обычаям того времени остались у отца, а тот, не желая, вероятно, обременять себя воспитанием отпрысков, отдал их в кадетский корпус, а затем в военные училища, Владимира в артиллерийское, а Николая — в инженерное.

По собственным воспоминаниям В.Н. Ипатьева, он увлекся химией еще в кадетском корпусе, прочитав раздел «Химические явления» в учебнике физики Краевича, и тогда же решил посвятить свою жизнь этой науке. Но признаем, что военное училище не лучшее место для овладения основами естественных наук и выработки творческого образа мышления. Многие годы Ипатьев самостоятельно изучал химию, читая книги и ставя химические эксперименты в домашней лаборатории, намного опережая в знаниях своих преподавателей. Он не оставил своих занятий даже в военном гарнизоне в Серпухове, где молодой офицер служил после окончания училища. Это была страсть, великая страсть к химии.

Но раз попав в военную колею, из нее уже трудно выбраться. Единственным шансом удовлетворить свою страсть для Ипатьева было поступление в Петербургскую артиллерийскую академию. Артиллерия — это боеприпасы, а боеприпасы — не что иное, как химия. И после двадцати месяцев службы в гарнизоне Ипатьев сделал это! Лишь в академии, в возрасте 23 лет, он начал постепенно приобщаться к профессиональным занятиям химией. Но ему было суждено оставаться военным еще долгие годы. Погоны с его плеч сняла только революция 1917 года. Погоны были генеральские — генерал-лейтенантом русской армии и действительным членом Российской академии наук Ипатьев стал почти одновременно.

Однако вернемся в молодые годы нашего героя. В академии его постигло очередное разочарование — уровень преподавания химии не отвечал его требованиям. И вот слушатель первого курса пишет двухстороннее учебное пособие по качественному анализу для своих однокашников, на втором курсе — еще одно пособие по количественному анализу. Еще удивительнее, что руководство академии принимает их в качестве официальных учебных пособий и вообще создает все условия для занятия научной работой. Всего лишь год спустя Ипатьев докладывает результаты своих исследований кристаллической структуры особого сорта стали на заседании Императорского технического общества. Выводы начинающего ученого шли вразрез с господствовавшими в то время воззрениями, но он удостоился одобрения от председательствовавшего Д.И.Менделеева, который вообще крайне редко нисходил до похвалы.

Такими ценными кадрами не разбрасываются. После окончания военной академии новоиспеченный штабс-капитан артиллерии В.Н.Ипатьев приступил к чтению лекций по химии в своей альма-матер и одновременно — к исследованиям по органической химии в Петербургском университете. Диссертация, которую он защитил через два с половиной



года, была посвящена изопрену — веществу, незадолго до этого выделенному из натурального каучука.

Поразительно, но к тому моменту со времен Фарадея, первым установившего состав натурального каучука, наука не сильно продвинулась в изучении его строения, оно по-прежнему оставалось загадкой. Это сейчас в школьном курсе разъясняют, что натуральный каучук — полимер изопрена, а в конце XIX века было неизвестно само понятие полимера. Кроме того, каучук практически не был востребован промышленностью, потому что его основных потребителей — автомобиле- и самолетостроения тогда просто не было. Здесь в полной мере проявился удивительный дар Ипатьева — он видел на десятилетия вперед, его фундаментальные исследования торили дорогу будущим поколениям.

В 1896 году академия направила Ипатьева на стажировку за границу. Германия, Мюнхен, лаборатория Адольфа фон Байера, ставшего вскоре одним из первых лауреатов Нобелевской премии по химии, — лучшее в то время место для продолжения образования в области органической химии. Впрочем, «господин тайный советник» (так надлежало обращаться к Байеру) редко занимался с «постдоками» лично, а выполненные под его руководством исследования публиковал исключительно под своей фамилией. Но вот Ипатьева он взял под свое крыло, и статьи, посвященные синтезу изопрена, выполненному Ипатьевым впервые в мире, они опубликовали вместе. Сам генерал в жизни и в науке, Байер угадал в этом напористом русском, плохо знавшем тогда немецкий язык, будущего генерала в жизни и науке. Дело дошло до беспрецедентного в истории мюнхенской лаборатории случая: Байер пригласил стажера на семейный ужин, а через несколько дней прибыл с ответным визитом к Ипатьеву и его жене.

После возвращения в Санкт-Петербург Ипатьев приступил к самостоятельным исследованиям, и открытия — действительно открытия! — последовали ошеломляющей чередой, едва ли не ежегодно.

Первое родилось, как это часто бывает, случайно. Ипатьев изучал разложение спиртов при высокой температуре, 600°C. Тогда считалось, что при такой температуре ничего хорошего из органических соединений получить невозможно, они просто разваливались на части, и что хуже всего — разваливались непредсказуемым образом. Но химики традиционно работали в стеклянной посуде, а Ипатьев, истинный артиллерист, использовал железные трубки. В этих условиях он неожиданно получил из спиртов вполне определенные органические соединения — альдегиды и кетоны. Он догадался, что все дело в материале трубок, в железе, которое изменило направление реакции и выступало в качестве катализатора процесса.

Так Ипатьев впервые столкнулся с явлением катализа, которому оставался верен всю жизнь. Чтобы оценить значимость открытия, вспомним, что катализ в те годы был совсем молодой областью науки — только науки, потому что о его промышленном использовании никто пока не помышлял.

Было известно, что катализаторами некоторых реакций служат благородные металлы, платина или палладий. И вдруг — железо!

Открытие Ипатьева резко расширило круг возможных катализаторов, распространив его на неблагородные металлы. А вскоре Ипатьев показал, что окислы металлов обладают зачастую даже большей каталитической активностью, чем сами металлы. Быстро, за считанные месяцы, дело дошло до окиси алюминия и алюмосиликатов — попросту говоря, глины, которые несравненно дешевле платины и палладия. Расширил Ипатьев и перечень возможных реакций, которые можно проводить в присутствии катализаторов, и круг получаемых при этом органических соединений. Например, он впервые получил из этилового спирта, бывшего в то время одним из главных исходных веществ нарождающейся химической промышленности, этилен и бутадиев.

О последнем соединении следует сказать особо. Через четверть века Сергей Васильевич Лебедев, опираясь на работы Ипатьева, впервые в мире запустил промышленный процесс получения синтетического каучука. Делали его полимеризацией бутадиена.

Ипатьев первым получил и другой не менее важный полимер — полиэтилен. Это было еще одно его открытие, которое оценили по прошествии десятилетий и плодами которого мы пользуемся ежедневно до сих пор.

Ипатьев также пионер применения высоких давлений в химии. В начале статьи я упоминал, что Нобелевскую премию за это получил Карл Бош, усовершенствовавший в 1909—1913 годах процесс каталитического синтеза аммиака Фрица Габера. Но приоритет в этой области все ученые мира отдают Ипатьеву, сконструировавшему в 1903 году аппарат, который позволял проводить химические реакции при давлении до 450 атмосфер и температуре до 550°C. Такие характеристики казались в то время несбыточными и даже невозможными. Ипатьеву весьма помогла его артиллерийская подготовка, ведь в канале ствола орудия при выстреле достигаются и не такие параметры. Аппарат был изготовлен по чертежам ученого, при его непосредственном участии и образно назван «бомбой».

«Бомба Ипатьева» вошла в историю науки, с ее помощью были разработаны многие процессы, легшие в основу современной нефтехимии, и Бог с ней, с Нобелевской премией!

В 1911 году Ипатьев сделал еще одно открытие. В сконструированном им аппарате он получил из газообразного этилена «искусственную нефть», а еще через тридцать лет, уже в США, довел эту работу до промышленного применения. Именно из этилена во время Второй мировой войны получали высокооктановый бензин, которым заправляли самолеты союзников. Наobeliske, установленном на Свято-Владимирском кладбище в Нью-Джерси (США), написано: «В память о русском гении Владимире Николаевиче Ипатьеве, изобретателе октанового бензина».

Но до Второй мировой войны была Первая. В начале 1915 года генерал-лейтенант Ипатьев возглавил Химический комитет, ведавший химической промышленностью всей страны. По сути, он создал ее заново.

Принято считать, что глобализация — примета нашего времени. При этом забывают о высочайшей интеграции стран, достигнутой в начале XX века. К примеру, мировая торговля находилась на таком уровне, что ее объем после потрясений войн и революций удалось восстановить (в сопоставимых ценах) лишь к 80-м годам. С началом Первой мировой войны выявились и недостатки тогдашней глобализации. Дело в том, что большинство химических продуктов, необходимых для производства взрывчатых веществ, Россия ввозила из-за границы, преимущественно

из Германии. Речь шла о базовых веществах — толуоле, азотной кислоте, аммиаке, селитре, потребность в которых исчислялась миллионами тонн.

Ипатьеву пришлось озаботиться не просто строительством новых заводов, а организацией новых отраслей химической промышленности. Поразительно, но в этой пиковой ситуации ставка во многих случаях делалась не на апробированные, а на принципиально новые технологии. Например, в Германии толуол (для производства тринитротолуола — тротила) выделяли из газов коксования угля, в России его впервые в мире стали получать из нефти. Ипатьев также разработал и внедрил процесс прямого получения селитры окислением аммиака. Вследствие его усилий уже к концу 1915 года производство взрывчатых веществ в стране возросло в 50 раз на частных предприятиях и вдвое на государственных.

В годы Первой мировой войны появилось еще одно новое оружие — боевые отравляющие вещества. Ипатьев по долгу службы занимался как созданием средств защиты от них, так и организацией производства самих газов. Показательно, что это никогда не ставили ему в вину, в отличие от Фрица Габера, отца немецкого химического оружия. Личное присутствие при его применении в боевых условиях стоило Габеру потери репутации и вообще жизненного краха.

Война породила революцию со всеми вытекающими последствиями: развалом всего и вся, анархией, массовым бандитизмом. Так что в определенной степени Ипатьев даже приветствовал захват власти большевиками, потому что, по его собственному признанию, в России в то время не было другой силы, способной остановить «разъяренную стихию, могущую бессознательно разрушить всю страну» (здесь и далее цитаты из книги В.Н.Ипатьева «Жизнь одного химика»). Более того, Ипатьев с первых дней пошел на сотрудничество с новой властью, сохранив, по сути дела, пост, который он занимал в царском правительстве, — Ипатьев стал председателем технического управления при Военном совете республики и постоянным членом этого совета. Неоднократно встречался Ипатьев и с Лениным, который уважительно называл ученого «главой нашей химической промышленности». Двигали Ипатьевым вполне понятные цели: «Я готов сделать все от меня зависящее, чтобы спасти созданную нами во время войны химическую промышленность». Он болел душой за свое детище и свою страну.

В тех безумных условиях Ипатьев не только спасал и сохранял старое, но и творил новое, глядя по своему обыкновению далеко вперед. По его инициативе в 1922 году были созданы Радиевый институт, «призванный объединять и направлять все работы по радиоактивности», а также Институт удобрений, Институт силикатов, Государственный институт прикладной химии. Для собственных же научных изысканий Ипатьев организовал лабораторию высоких давлений, преобразованную в 1929 году в одноименный институт. Уровень исследований был таким, что Ипатьев получал много заказов от ведущих зарубежных фирм.

В Советской России, а затем в СССР Ипатьев пользовался большой свободой, часто выезжал за границу как по государственным делам, так для проведения совместных научных работ. Но ситуация вокруг него постепенно менялась к худшему. Большевики, провозглашая в теории наличие объективных законов развития общества, на практике зачастую скатывались в откровенный волюнтаризм. Они хотели всего и сразу и, не получая желаемого, начинали искать виноватых — вредителей и саботажников. Судя по сделанным открытиям, наука в СССР в 1920-е годы находилась на высшем мировом уровне (как такое было возможно, остается лично для меня величайшей загадкой XX века), а по темпам развития химической промышленности СССР превосходил не только сегодняшнюю Россию,

что неудивительно, но и современный Китай. Однако большевикам этого было мало, и они обрушили репрессии на «буржуазных» специалистов — просто на специалистов, потому что никаких других специалистов в СССР в то время не было, их еще не успели выучить.

Тем не менее Ипатьев до поры до времени даже не задумывался об отъезде из страны. Во время одной из командировок в Германию в 1927 году его пригласили в гости к нобелевскому лауреату Вальтеру Нернсту. Там во время обеда, вспоминал Ипатьев, «один из немецких профессоров спросил меня, почему я совсем не покину СССР и не переселюсь за границу для продолжения своих научных работ, где я найду, несомненно, гораздо больше удобств, чем у себя на Родине. Я не замедлил ответить, что как патриот своей Родины должен остаться в ней до конца моей жизни и посвятить ей все мои силы. Профессор Эйнштейн слышал мой ответ и громко заявил: «Вот этот ответ и я вполне разделяю, так и надо поступать». И вот прошло 4—5 лет после этого разговора, и мы оба нарушили наш принцип: мы теперь эмигранты и не вернулись в свои страны по нашему персональному решению, а не потому, что были изгнаны нашими правительствами...»

Свое «персональное решение» Ипатьев принял в 1930 году, когда аресты начались в его ближайшем окружении. Немало способствовало этому и то обстоятельство, что Ипатьеву позволили поехать на Энергетический конгресс в Берлин вместе с женой. Впрочем, никаких решительных заявлений сделано не было. Ипатьев из Берлина попросил у советского правительства годичный отпуск для поправки здоровья за границей, и такой отпуск был ему предоставлен.

Ни о каком отпуске речь, конечно, не шла. Ипатьев, похоже, вообще не знал, что означает это слово. Он немедленно включился в научную работу в одном из баварских химических концернов. Но Германия того времени была слишком тесно связана с СССР, и вскоре Ипатьев перебрался во Францию. Русские эмигрантские круги встретили его враждебно. Ему припомнили и сотрудничество с большевиками, и даже то,



Владимир Николаевич Ипатьев (1927)



что в доме его брата была расстреляна царская семья. Так что Ипатьеву пришлось перебраться за океан.

Не будем забывать, что ему было уже 63 года. Он считался классиком науки, и не случайно декан химического факультета Северо-западного университета в Чикаго, узнав, что ему предстоит познакомиться с Ипатьевым, удивленно воскликнул: «Какой это Ипатьев? Тот давно умер!» Нормальные люди в этом возрасте выращивают розы и нянчат внуков, пребывая на заслуженном отдыхе. Ипатьеву же предстояло строить свою жизнь с нуля в чужой для него стране, язык которой он, ко всему прочему, практически не знал.

Обосновались Ипатьевы в Чикаго. В компании Universal Oil Products Ипатьеву была предоставлена полная свобода действий в выборе как персонала лаборатории, так и тематики исследований, лишь бы они касались применения катализа в нефтяной промышленности. Ситуация, с одной стороны, беспрецедентная, а с другой легко объяснимая. По признанию Ипатьева, в те годы мало кто мог даже предполагать, что катализаторы понадобятся в этой области производства. Перед ученым простиралось непаханое поле, на котором он мог двигаться в любом направлении.

И началась обычная для Ипатьева жизнь: разработка новых процессов в компании, фундаментальные исследования в университетской лаборатории, лекции по катализу в университете, патенты, десятки патентов, запуск новых производств. Благодаря феноменальной работоспособности и научной эффективности Ипатьева буквально на глазах рождалась новая отрасль американской промышленности. Это было по достоинству оценено — в 1937 году журнал «Тайм» назвал Ипатьева «Человеком года». В 1939 году его избрали членом Национальной академии США, и в том же году в Париже ему вручили высшую награду Французского химического общества — медаль имени Антуана Лавуазье.

Это было своего рода компенсацией за лишение его в 1937 году звания действительного члена Академии наук СССР. Решение, конечно, дурацкое, но отнюдь не скоропалительное. На протяжении всех предшествующих лет Ипатьев и советское правительство поддерживали внешне благопристойные отношения. Ученый регулярно посылал в СССР отчеты о своих работах, выполненных в США, а в СССР в 1936 году вышла его фундаментальная монография «Каталитические реакции при высоких температурах и давлениях». Ипатьеву время от времени предлагали вернуться в СССР, а тот вежливо отклонял приглашения, ссылаясь на великую занятость и контрактные обязательства, что полностью соответствовало действительности. В конце концов терпение правительства истощилось, и оно рубануло сплеча, лишив Ипатьева не только звания академика, но и советского гражданства и навсегда запретив ему въезд на территорию СССР.

Последнее решение выглядит ненужным довеском, каким-то актом бессильной злобы, но оно имело свои последствия. Дело в том, что начиная с 1944 года, уже выйдя на пенсию, Ипатьев неоднократно пытался вернуться на родину, но неизменно получал отказ.

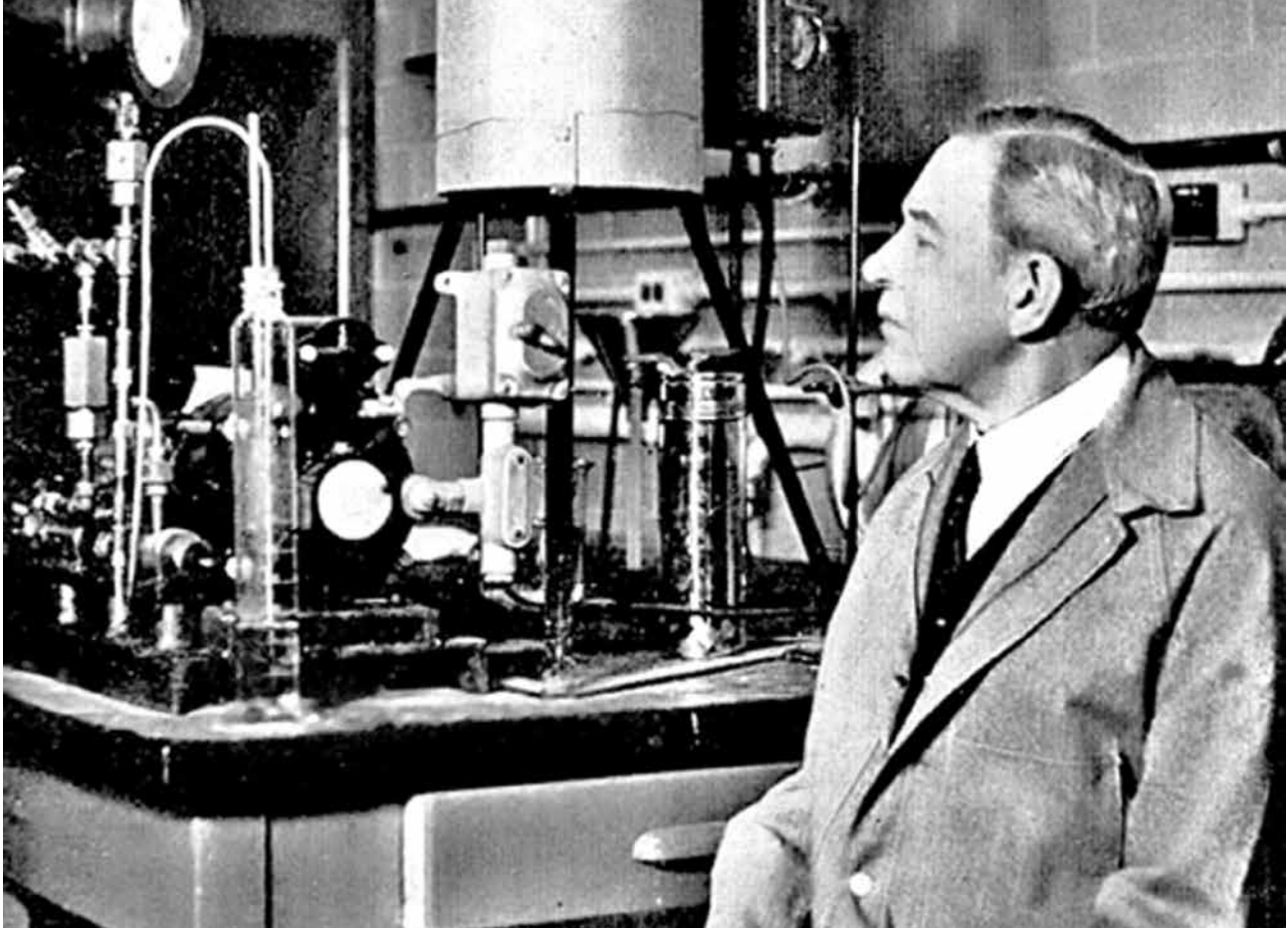


Фото: Родина

Владимир Николаевич в Лаборатории высоких давлений и катализа Северо-Западного университета, Чикаго

Несмотря на многие годы, проведенные в США, широкую известность и всеобщее признание, Ипатьев так и не прижился в этой стране и чувствовал себя в ней чужим. Благодаря своим патентам Ипатьев мог считаться богатым человеком даже по американским меркам, но жил очень скромно, снимая с женой номер в отеле. Ни автомобиля, ни коттеджа, ни роз на клумбе. Все зарабатываемые им деньги он тратил на оснащение лаборатории, на научные исследования, которыми занимался до последних дней своей жизни.

Эта страсть к веществу, к работе руками — одна из самых поразительных черт Ипатьева. Нынешним академикам такое и в голову не придет. Да что там академикам! Помню, как после защиты докторской диссертации я стал собирать под тягой лабораторную установку, чтобы проверить одну идею. Так на меня смотрели с изумлением, как на непонятное явление природы. Сейчас уже многие кандидаты наук считают ниже собственного достоинства работать руками. А вот Ипатьев работал руками всегда, невзирая на условия, малоподходящие для этих занятий, — в армейском гарнизоне, во время войны и революции, на пенсии. Он так и умер, работая, в возрасте 85 лет.

Завершим жизнеописание Ипатьева тем, с чего начали, — рассказом о его семье. Женится Ипатьев сразу после окончания Академии в 1892 году, на своей московской приятельнице Варваре Дмитриевне Ермаковой и прожил с ней до конца своих дней, хотя, по воспоминаниям современников, был отнюдь не схимником и часто увлекался женщинами — у него и на это доставало времени и сил!

В семье Ипатьевых было четверо детей — сыновья Дмитрий, Николай, Владимир и дочь Анна. Дмитрий погиб на германском фронте в 1916 году. Николай, также бывший офицером, после революции примкнул к Белому движению и навсегда порвал с отцом, которого считал ренегатом. Впоследствии он погиб в Африке при испытании

изобретенного им средства против желтой лихорадки. Владимир пошел по стопам отца и работал в созданной им лаборатории высоких давлений. В 1936 году его, по обычаю того людоедского времени, заставили выступить на упомянутом заседании Академии наук с осуждением поступка отца. Владимир осуждать не стал, ограничившись общими словами о том, что не знает всех обстоятельств дела, но в принципе не одобряет тех, кто покидает Родину. Его тогда даже не арестовали. Впрочем, свой срок Владимир Ипатьев-младший все же получил, в 1941 году. Но срок был по тем временам символический — пять лет, его давали тогда «ни за что». И отбывал его Владимир на «шарашке» в Москве. Впоследствии он стал профессором Ленинградского университета, потом — Лесотехнической академии, а в 1955 году скоропостижно скончался, пережив отца всего на три года. Дочь Анна тоже осталась в России и тоже хлебнула лиха после обструкции отца. В сущности, Ипатьевы потеряли детей и, живя в Америке, тяжело переживали это. Чтобы скрасить одиночество и тоску по детям, они удочерили и воспитали двух русских девочек-сирот. Варвара Дмитриевна пережила мужа лишь на несколько месяцев.

В заключение вспомним, что Ипатьев был, помимо всего прочего, выдающимся организатором науки и промышленности, чей талант особенно ярко проявился в кризисных ситуациях войны и послереволюционного строительства. Его знания и умения нам очень быгодились сегодня, тем более что между нашим временем и первыми годами советской власти существуют явные аналогии: кардинальная смена общественно-политической и экономической системы, сопровождающаяся распадом государства, резким падением производства и переходом образованных слоев общества на подножный корм. Нам все же повезло больше, потому что нас миновали ужасы гражданской

войны и взаимного террора противоборствовавших сторон, но грызня в высших эшелонах власти и бандитизм присутствовали в полном объеме. Если следовать принципу параллельного переноса, то мы сейчас находимся во второй половине 1930-х годов, но эта аналогия может увести нас слишком далеко от обсуждаемой темы, так что сосредоточимся на двадцатых.

После оживления экономики страны, связанного с нэпом, начались дискуссии о стратегии развития страны — в переводе на современный язык, о возвращении в круг индустриально развитых государств мира, об удвоении ВВП, о наукоемких производствах и об инновациях в промышленности. Много говорили и о науке, открытия советских ученых должны были обеспечить быстрый технологический прорыв. Знаковым здесь был 1925 год, когда торжественно отметили 200-летие Академии наук, после чего состоялся Менделеевский съезд по химии. На нем выступил Лев Троцкий с большим докладом «Менделеев и марксизм», в котором он, в частности, высказал свой взгляд на роль науки в обществе. Не припомню, чтобы когда-нибудь еще один из лидеров советского государства обращался к ученым с содержательным докладом, вызвавшим неформальную дискуссию.

Вслед за Троцким выступал Ипатьев, который предостерег руководство страны от иллюзий о возможности научного наступления во всех направлениях. «В своей речи я старался доказать, — вспоминал он впоследствии, — что в СССР надо развивать главным образом основную химическую промышленность, как то: производство кислот, щелочей, аммиака, искусственных удобрений и т.

п. до полного насыщения мирных и военных потребностей. Если мы не в состоянии дать новых, более экономичных способов получения этих веществ, то надо купить лицензии, техническую помощь за границей во избежание потери времени; наши химики и инженеры, будучи ознакомлены с сущностью дела, будут потом в состоянии усовершенствовать методы их получения, и таким образом разовьется та или другая отрасль химической промышленности. Если же мы будем сразу гнаться за развитием не только основной химии, но и более сложных отраслей химической промышленности, то ввиду недостатка в опытных технических кадрах мы не будем иметь нигде необходимого успеха».

Не сомневаюсь, что, доживи Ипатьев до наших дней, он бы те же самые слова адресовал новым руководителям нашего государства, мечущимся в поисках «приоритетного направления развития», которое одним махом выведет Россию в мировые технологические лидеры. Десять лет назад ставку сделали на нанотехнологии, потом «заболели» цифровой экономикой, теперь с высоких трибун говорят о каких-то природоподобных технологиях. При всех внешних различиях между этими «приоритетами», их объединяет одно: для их реализации в нашей стране нет соответствующего технологического задела, промышленной инфраструктуры, способной воспринять новые технологии, и подготовленных научно-технических кадров. А без этого «мы не будем иметь нигде необходимого успеха». Слова Ипатьева удивительным образом ложатся в канву нашего времени. Возможно, потому, что его устами говорил здравый смысл.

Почему не существует популярной химии?



РАССЛЕДОВАНИЕ

Заголовок этой заметки рассчитан на привлечение внимания. Но некоторое загадочное содержание за ним тоже есть. Спросим русскоязычный Интернет (например, через Google), сколько в нем упоминаний «медицины» и «популярной медицины» — и такие же пары для других наук. А потом поделим второе на первое. И вот что получится.

имя	«имя», млн	«популярная имя», тысяч	«популярная имя»/«имя», тысячных
Экономика	110	33	0,3
Медицина	98	150	1,5
Психология	65	400	6,2
Химия	65	1,6	0,025
Математика	46	41	0,89
География	32	1,9	0,060
Физика	32	99	3,1
Биология	21	7,0	0,33
Социология	11	2,1	0,19
Астрономия	9,1	55	6,0
Геология	7,3	7,8	1,1
Лингвистика	4,7	6,8	1,4
Филология	3,7	0,32	0,086
Демография	2,6	1,6	0,62

Первая колонка — на самом деле это и есть интерес, актуальность, спрошенность и т. д. Потому что большая часть Интернета — это не «доценты с кандидатами», как пел Высоцкий, а простые

люди, «как ты, как я». Разумеется, сама цифра ничего не говорит о структуре интереса — это может быть и серьезный интерес, и простое любопытство, и желание встрять в разговор, и опасения, и множество других мотивов.

Посмотрим на сам порядок следования наук — именно по значению в первой колонке они упорядочены в таблице. Медицина, психология и биология — это о себе, любимом, психология — как перехитрить начальника, экономика — о еде и крыше над головой. Химия, физика и география — то, что нас всех окружает. Высокий ранг математики, возможно, объясняется тем, что она — школьный предмет, причем обязательный для сдачи ЕГЭ. Действительно, «русский язык» собирает 51 млн ссылок, а литература — вообще 99 млн. Социология — это общество, которое нас окружает, астрономия была популярна всегда, а теперь она тоже есть в ЕГЭ.

Другие поисковые системы дают немного отличающиеся результаты, но порядок следования меняется незначительно, например у Bing он такой:

экономика, медицина, математика, психология, физика, география, химия, биология, астрономия, социология, геология, лингвистика, филология, демография.

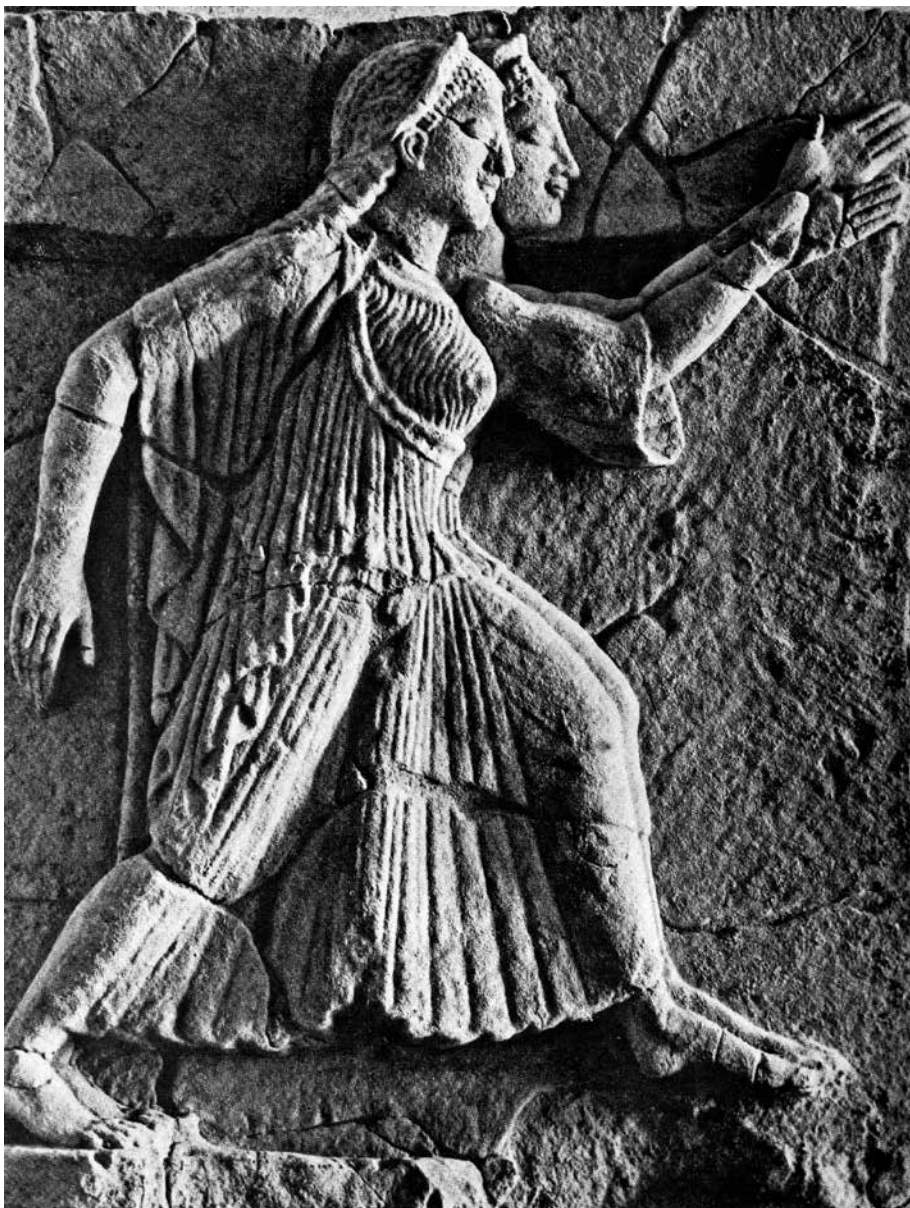
Всерьез странное — в последней колонке. Казалось бы, все это науки, и для их понимания нужно популярное изложение. Или если в обществе нет спроса на содержание какой-либо науки, то и популяризацией заниматься никто не будет. Если он не фанатик, а таких немного.

Так вот, мы видим, что по доле именно популярного изложения первые четыре места занимают психология, астрономия, физика и медицина — все это разумно и понятно. Если же эта доля мала, значит, интерес вообще связан с чем-то другим. Но на последнем месте оказалась химия! Это означает, что интерес к ней — причем большой — носит патологический характер. Возможно, это страх — результат деятельности недобросовестных рекламщиков. Или что-то еще?

Ну и задачка нам досталась...

Л.Намер

Мифические гены чемпионов



С.Анофелес

Расшифровка человеческого генома открыла перед человечеством манящие перспективы. Персонализированная медицина, генная терапия, определение способностей человека по его геному (сам Джеймс Уотсон не исключал такой возможности, см. «Химию и жизнь», 2008, № 8), наконец, биологическое оружие против отдельных рас и народов, недавно встревожившее российскую публику. Однако проект «Геном человека» был завершен в 2003 году, а чудеса до сих пор не начались. Персонализированная медицина развивается, но о генотипировании каждого пациента прямо в поликлинике пока речи нет. Хотя, нельзя не признать, мы далеко ушли от сумасшедших расценок «Генома человека», когда прочтение 3,3 млрд. нуклеотидов обошлось в 3 млрд. долларов: теперь геном можно отсекувенировать всего за 1000 долларов, и цены продолжают снижаться. Генная терапия тоже пока не стала рутинной — мало знать, какие гены нужно исправить, вопрос в том, как это сделать. Относительно же двух последних пунктов — генетики отвергают саму возможность их существования, обвиняя тех, кто утверждает обратное, в шарлатанстве. Про оружие публике все объяснили достаточно подробно (см., например, сайт генофонд.рф). Но что мешает прогнозировать способности по геному: неполнота наших знаний или некое принципиальное препятствие?

Поиск быстрых генов

Казалось бы, коль скоро геном определяет жизнь каждого существа, выявлять с помощью его анализа заложенные в это существо способности не только можно, но и нужно. Ведь такая информация интересна всем, кто планирует будущее, свое или детей. Более того, раз уж поиск определенных последовательностей нуклеотидов в геноме стал рутинной услугой во многих медико-генетических центрах, препятствий для такой деятельности быть не должно, разве что организационно-законодательные.

С другой стороны, бескомпромиссная борьба с допингом дошла до отстранения от соревнований целых национальных сборных. При распространении этого опыта на все страны олимпийского движения, если смотреть на вещи оптимистично, на первый план выйдут именно способности человека, а не квалификация поддерживающей его команды врачей.

Поэтому раннее выявление перспективных спортсменов становится делом весьма актуальным со всех точек зрения — и с государственной, и с частной. Ведь профессиональный спорт сулит победителям немалые дивиденды; многие родители вкладывают большие деньги в спортивную карьеру детей, покупая дорогую форму, нанимая тре-

неров, оплачивая сборы, в том числе и за границей, участие в соревнованиях. Естественно, многим хочется заранее понять: окупятся ли вложения? Достигнет ли ребенок успехов, не повредят ли его здоровью повышенные физические нагрузки? Самим же спортсменам понимание собственных врожденных способностей и слабых мест позволит построить более правильный режим тренировок и лучше планировать карьеру. Тренерам хорошо известно, что у одних спортсменов высокие результаты появляются быстро, однако быстро и снижаются, другие идут к вершине медленно, зато и держатся в форме дольше. Но какой вариант ожидает конкретного перспективного юниора? Вот и напрашивается идея предсказать это по генетическим данным. Разобраться с научными основами такой деятельности постарались авторы «Консенсусное заявление по генетическому тестированию для предсказания спортивных успехов и идентификации талантов» — 24 генетика из Великобритании, США, Австралии, ЮАР и Катара («British Journal of Sports Medicine», 2015;49, 1486—1491; doi: 10.1136/bjsports-2015-095343). Это заявление теперь цитирует каждый, кто берется рассуждать о данной теме.

Действительно, спортивная медицина разработала множество физиологических тестов, позволяющих оценивать и эффективность поглощения кислорода тканями, и работоспособность мышц, и возможности сердца, и многие другие важные для большого спорта показатели. Однако появление новых знаний порождает надежды на получение более точной или более полной информации. Именно так и случилось с генетическим тестированием спортсменов: компании, которые проводят подобные анализы, судя по всему, не испытывают недостатка в клиентах. Так, авторы заявления в 2013 году нашли в Сети 22 британские компании, занимающиеся такой деятельностью. Через два года их число выросло до 39, причем с рынка ушло всего 8 компаний из 22. Дотошное разбирательство показало, что система устроена несколько сложнее: одна компания, предлагающая различные меди-

цинские услуги, может присутствовать на рынке под несколькими именами, а несколько схожих компаний могут концентрироваться вокруг одного медицинского учреждения, которое, видимо, и дает рекомендации воспользоваться услугами своих партнеров.

Что же предлагают компании по генетическому выявлению спортивных способностей? Разобраться в этом оказалось нелегко, для полного ответа исследователям пришлось бы перекалифицироваться в детективов. Краткий же ответ на основании открытой для всех информации таков: проверяют наличие прежде всего вариаций генов, способствующих спортивным успехам, — *ACTN3* и *ACE* (они отвечают за метаболизм мышц), реге *NOS3*, а также связанных с предрасположенностью к травмам — *COL5A1*, *COL1A1*, *MMP3*. Выбор основан на фактах: например, вариант *ACTN3 RR* дает наибольшую скорость работы скелетных мышц и их мощность, а вариант *ACE II* способствует выносливости.

И все же, как утверждают авторы Консенсусного заявления, выполнившие метаанализ публикаций по этой теме, связи между генами и способностями организма, за которые они предположительно отвечают, статистически весьма слабые. Так, у обладателя варианта *ACTN3 RR* вероятность стать превосходным спринтером должна быть на 20% выше, чем в среднем по популяции, однако, например, в Великобритании носителей этого варианта гена 20 миллионов, а среди них превосходных бегунов — считанные единицы. На самом же деле изучение разброса данных по успехам спринтеров показывает, что наличие варианта *ACTN3 RR* может объяснить лишь 2—3% успеха спортсмена. Поэтому предсказательная сила исследований полиморфизма этих двух хорошо изученных генов равна чистому нулю. Компании же, которые, рекламируя свои услуги, утверждают, что они способны показать родителям и тренерам предрасположенность ребенка к тому или иному спорту (при упомянутых вариантах генов — скоростному или силовому) или помочь выбрать правильный режим тренировок, зани-



ДИСКУССИИ

маются прямым обманом доверчивых потребителей. И было бы лучше, если бы они честно сообщали, что никаких надежных научных данных, обосновывающих связь генов и спортивных успехов при настоящем уровне знания нет, как и нет и особой надежды, что такие связи будут открыты в дальнейшем.

Причин для пессимизма несколько. Например, в мире слишком мало выдающихся спортсменов, у которых можно брать генетический материал для анализа. Соответственно, не получается собрать статистику, чтобы смотреть не на какие-то отдельные гены, а на совокупность генетических и эпигенетических маркеров — теоретически такой более полный подход работы с генетическим материалом, и с учетом данных физиологических тестов, помог бы вычислить вероятность будущих спортивных успехов. Но, видимо, научная основа для генетического определения талантов будет создана еще очень нескоро.

Борьба за здоровое сердце

Но хоть что-нибудь генетики могут сказать о судьбе человека, глядя на его гены? Увы, не так много, как хотелось бы энтузиастам. Для этого требуется большая статистическая работа, а она пока еще не проделана, слишком недавно наступила эра геномики. Единственное исключение — мутации, вызывающие опасные или смертельные заболевания. С ними проще: поскольку связь строго установлена, медики могут поставить диагноз или дать рекомендации супружеской паре, как избежать проблем при планировании продолжения своего рода. Таких мутаций известны сотни. Если же речь идет не о наследственных заболеваниях, сравнительно редких, а об инфарктах, инсультах и других общеизвестных угрозах — ситуация оказывается гораздо сложнее, исследователи только учатся оценивать риски по генетическим маркерам. В настоящее время кое-какие успехи заметны по таким направлениям, как сердечно-сосудистые заболевания, диабет, рассеянный склероз и шизофрениям.

Ген *ACTN3* кодирует белок альфа-актинин-3, который стабилизирует сократительный аппарат скелетных мышц и участвует в большом количестве метаболических процессов.

Ген *ACE* кодирует ангиотензин-превращающий фермент (АПФ), который служит важным регулятором артериального давления и водно-солевого обмена.

Ген *NOS3* кодирует синтазу оксида азота NO — важнейшего медиатора, вовлеченного в множество физиологических и патофизиологических процессов.

Гены *COL5A1* и *COL1A1* кодируют альфа-цепи коллагенов, основных белков кости, хряща, сухожилий.

Ген *MMP3* кодирует фермент, разрушающий белки соединительной ткани — коллагенов, эластина и некоторых других.



Представление о том, с какими трудностями сталкиваются исследователи, пытающиеся выявить генетические маркеры предрасположенности к заболеваниям, дает исследование, опубликованное в журнале «Frontiers in Genetics» (2014, 5, 1; doi: 10.3389/fgene.2014.00254). Его провели генетики из Стэнфордского университета во главе с Бенджамином Гольдштейном, которые пытались оценить полезность генетических маркеров для выявления вероятности сердечно-сосудистого заболевания.

Для такого исследования нужно много времени, и участники группы Гольдштейна не справились бы с задачей, если бы значительную часть работы не проделали предшественники. В 2013 году исследовательский консорциум CARDIoGRAMplusC4D закончил метаанализ данных для вычисления ассоциаций определенных участков генома с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Объем обработанной статистики внушительный: 63 746 пациентов и 130 681 контрольный участник. Эта работа выявила 15 новых геномных локусов, которые можно ассоциировать с риском заболевания, и подтвердило почти все, выявленные ранее, — общее число таких участков составило 50 штук. В участках проранжировали соответствующие полиморфизмы — варианты генетических последовательностей, которые различаются у разных людей на одну «букву», — по уровню риска, с которым они связаны. Какие-то полиморфизмы, как показывает статистика, ведут к малому риску заболевания, а какие-то — к высокому. Им были приданы соответствующие статистические веса, а в итоговую формулу расчета индивидуальной вероятности риска для конкретного человека входила сумма этих весов для тех генетических последовательностей, что выявили у него.

Для проверки полученной формулы использовали данные другого масштабного проекта — группы ARIC (Atherosclerosis Risk in Communities Study). В 1987—1989 годах для участия в нем пригласили 15 792 американца, которым в то время было от 45 до 64 лет.

У каждого из них также провели поиск полиморфизмов по всему геному, а за их состоянием здоровья, а также привычками, распорядком дня и режимом питания тщательно наблюдали. Всего за тридцать лет у них случилось более тысячи сердечно-сосудистых заболеваний, как фатальных, так и нет, что обеспечило большую статистику.

Для этих людей были рассчитаны вероятности получить сердечно-сосудистое заболевание в течение ближайших десяти лет, и делали это несколькими способами. Первый — по хорошо известной врачам фрамингемской методике, которая дает формулу подсчета вероятности исходя из возраста, содержания холестерина, давления, склонности к диабету и курения. Второй — исходя только из возраста и пола. Третий же учитывал генетические данные.

Что же получилось в итоге? Расчет по привычной фрамингемской методике дал прекрасное совпадение — в среднем риск болезни составил 7,4% (с разбросом по участникам группы от 4,3 до 12,3%). А в реальности за рассматриваемый период времени у 7,3% участников проекта ARIC были зафиксированы сердечно-сосудистые заболевания. (Напомним, что, согласно принципам статистической физики, если статистика построена правильно, то усреднение по времени должно давать тот же результат, что и усреднение по ансамблю.) Расчет только по двум параметрам ожидаемо дал худший результат. Добавление же генетических данных позволило несколько улучшить статистику; прежде всего — существенно сократило разброс. Но, что интересно, еще сильнее приблизило расчет к реальности изменение числа учитываемых клинических факторов.

Правда, иногда генетические данные давали принципиально иной результат, нежели клинические. Авторы приводят в качестве примера одного из участников, у которого клинический риск составлял лишь 5,5%, то есть меньше, чем в среднем, однако присутствие «плохих» генов резко повысило этот риск — лишь у 11% участников он был выше. И действительно, у этого человека случился инфаркт. Вероятно, если бы врачи знали о его предрасположенности, они могли бы предотвратить болезнь.

Авторы работы получили также интересный побочный результат, который они почему-то обсуждать не стали. Из списка упомянутых 50 полиморфизмов, которые повышают риск сердечно-сосудистых заболеваний, они, используя данные других генетических исследований, вычленили 12 таких, которые связаны с липидным обменом, иными словами, с холестерином, и 5 — с артериальным давлением. То есть именно с теми факторами, которые издавна оце-

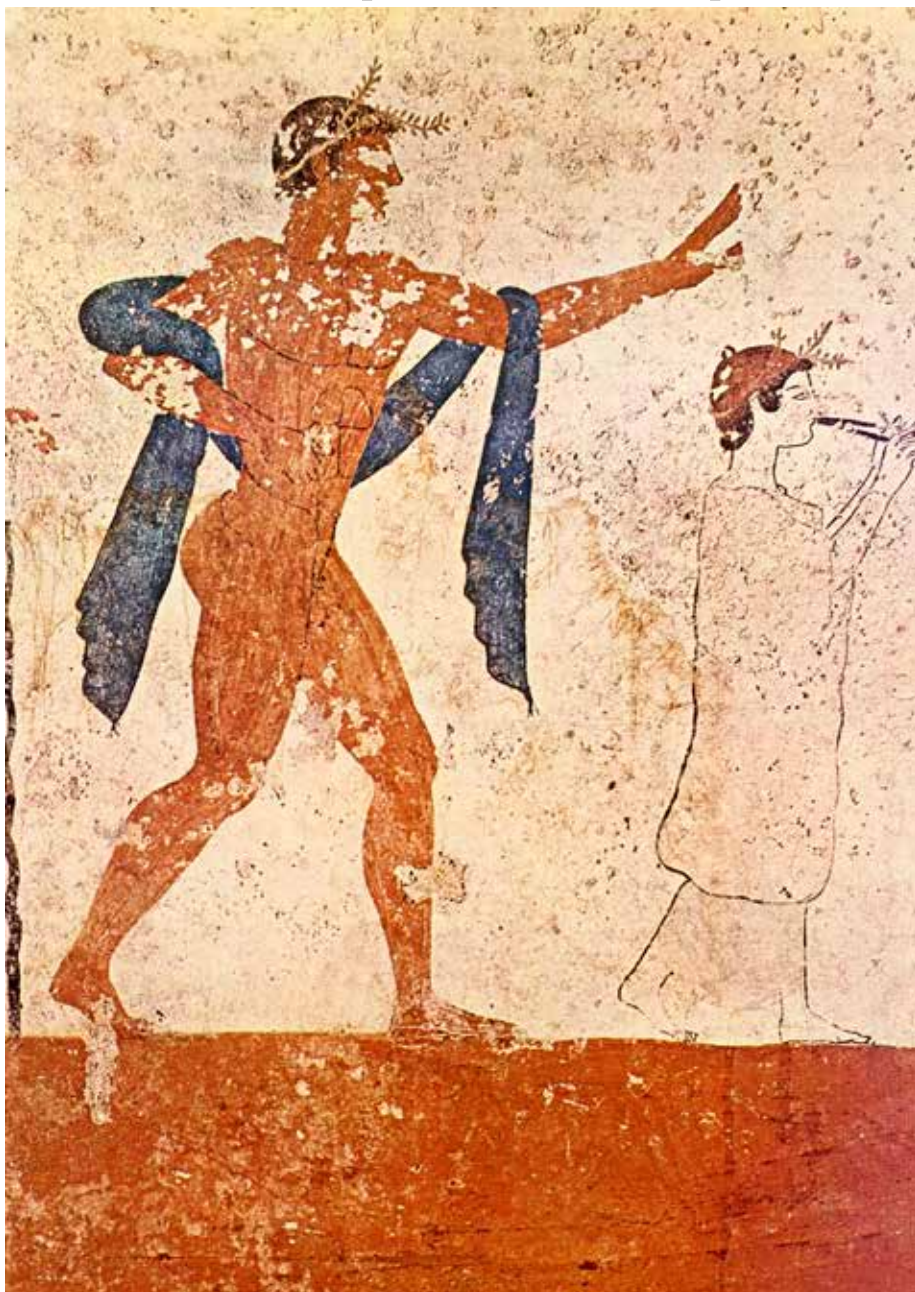
ниваются как рискованные. И оказалось, что учет рисков от этих 17 полиморфизмов практически не изменял риск при расчете по клиническим факторам. Наверное, это логично, ведь данные о холестерине и давлении так и так были учтены в расчете. А вот остальные 33 полиморфизма, отвечающие, строго говоря, неизвестно за что, увеличивали риск по сравнению с клиническим на 20—40%. Можно предположить, что эти данные содержат в себе неплохую подсказку для поиска новых путей профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, которые дополняют известные «не есть жирного, сладкого и не волноваться».

В целом же по состоянию на 2014 год, как полагают Гольдштейн с соавторами, увеличение числа клинических факторов в расчете и уточнение соответствующей формулы дает гораздо более надежную оценку риска заболевания сердца, нежели использование генетических данных. Возможно, ситуацию улучшат внедрение новых методов, упрощающих исследования геномов, а также помощь математиков. Ведь все дело в том, как подбирать коэффициенты перед факторами при расчете вероятности. При анализе клинических факторов нет гарантии, что в другом обществе, при смене поколений и, соответственно, привычек людей, их стиля жизни, эти коэффициенты сохранятся. И действительно, медики время от времени изменяют методику подсчета. Генетические же факторы не подвержены таким изменениям, и, если правильно подобрать коэффициенты, такого рода информация окажется весьма полезным дополнением к расчету по клиническим факторам. Главный же вывод тривиален: лучшая профилактика проблем с сердцем — здоровый образ жизни.

И если в истории болезни такое большое значение имеет образ жизни, наверняка не меньше он значит и в спорте. Способность человека выдерживать нагрузки или развивать скорость — не менее сложное явление и также зависит от множества факторов, как внутренних, так и внешних. Тех же режимах питания и тренировок. Поэтому оценка на основании одних лишь генетических данных точно быть не может. Как, собственно, и сказано в Консенсусном заявлении генетиков.



Комментарии экспертов



Дмитрий Никогосов,
врач-генетик, биоинформатик,
руководитель аналитического отдела
биомедицинского холдинга «Атлас»

Не даем рекомендаций уделить повышенное внимание тем или иным видам спорта

Рекомендации «Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification: Consensus statement» («British Journal of Sports Medicine», 2015; 49, 23, 1486—1491, doi: 10.1136/bjsports-2015-095343), все еще актуальны. Не существует и вряд ли появится генетический тест, который

самостоятельно, без помощи других методов исследования смог бы предсказать спортивный талант или предрасположенности к тому или иному виду спорта. Несмотря на то, что генетические особенности человека влияют на его спортивные показатели, до сих пор не получено доказательств того, что определенные генетические маркеры делают из человека, например, спринтера или, наоборот, запрещают ему заниматься спортом на выносливость. Напротив, наследуемость спортивных признаков не достигает 100%. По данным недавнего исследования «Heritability estimates of endurance-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis» («Scandinavian Journal of



ДИСКУССИИ

Medicine and Science in Sports», 2017, 12, doi: 10.1111/sms.12958), наследуемость показателей выносливости составляет от 44 до 68%, в зависимости от показателя. То есть минимум 32% изменчивости выносливости обусловлено не генетикой. Это достаточно высокий показатель.

Подобное тестирование, примененное к детям, может привести тренеров и родителей к неправильной, зачастую чересчур догматичной интерпретации результатов. Ребенок с «плохим» генотипом может быть отлучен от интересного ему вида спорта или занятия, а ребенок с «хорошим» генотипом может оказаться под большим давлением, побуждаемый заниматься определенными нагрузками.

Данные о генетической предрасположенности к спортивным травмам на сегодняшний день также не являются последним аргументом в ответе на вопрос о выборе вида спорта или нагрузки. Проведено и до сих пор ведется множество исследований в этой области.

Генетический тест компании Атлас не предоставляет никаких рекомендаций исключить или уделить повышенное внимание тем или иным видам спорта после анализа ДНК. Ряд признаков касается обмена веществ при нагрузке, как например, скорость выведения лактата, скорость адаптации к силовым нагрузкам. Есть раздел, посвященный рискам спортивным травмам и заболеваний, например, риск отека легких при фридайвинге и риск разрыва ахиллова сухожилия. Во все рекомендации входит совет проконсультироваться со спортивным врачом, потому что только специалист может дать финальное заключение по вопросам, связанным с физической нагрузкой, и генетический тест — один из инструментов в арсенале специалиста.

Мы строго рекомендуем дополнять результаты генетического тестирования функциональными тестами и консультацией со специалистами — врачами и тренерами — при принятии решения о виде и интенсивности физической нагрузки.

Н.Н.Хромов-Борисов,
кандидат биологических наук,
член Комиссии РАН по борьбе
с лженаукой

Ситуация как с ГМО, только с противоположным знаком

Начнем с конца. С практической точки зрения в спортивной геномике (равно как и генетическом тестировании иных предрасположенностей) наиболее важны правовые аспекты. По сути, генетическое тестирование предрасположенностей является медицинской диагностикой. Но сами «генодиагносты» отрещиваются от этого, заявляя, что они не медики, что все их рекомендации исходят якобы от медиков, медики же в своих рекомендациях ссылаются на генетиков. В итоге они не несут ни моральной, ни юридической ответственности за свои «гадания на генной гуще» (это хлесткое выражение вбросил журналист Александр Бердичевский, *Российский Newsweek*, 10 января, 2008 г.).

«Государственное регулирование на российском рынке стартапам в области персональной геномики пока не мешает. Для них важно соразмерять свою деятельность с законодательством о здравоохранении и получить лицензию на осуществление медицинской деятельности, если те или иные услуги попадают под это определение. А также соблюдать законодательство, регулирующее работу с персональными данными. Подавляющее большинство компаний, оказывающих услуги персональной геномики, даже при наличии медицинской лицензии прописывают в своем лицензионном соглашении и правилах оказания услуг, что результатом оказания этих услуг не является медицинское заключение или диагноз, что услуги не включают в себя методов профилактики, диагностики, лечения, медицинской реабилитации; что полученная в результате тестирования информация предназначена для познавательных, образовательных или развлекательных целей. (Последнее — «развлекательные цели» — особенно впечатляет! — *Примеч. авт.*) Это позволяет не попадать под регуляцию медицинских услуг и отражает фактическое положение вещей: результаты генетического анализа должны интерпретировать специализирующиеся по конкретным патологиям врачи». Цит. по: Генетические тесты в России: игроки, проблемы и тенденции (<https://rb.ru/longread/dnatech/>).

А обещания «рассказать всю правду», данные клиенту на словах, законом не регулируются.

Строго говоря, подобные диагностические методы обязательно должны подвергаться многоцентровым рандомизированным двойным слепым испытаниям (исследованиям), как это делается при проверке клинической эффективности лекарственных средств. Генетические тесты должны быть стандартизированы, верифицированы, валидированы. Регистрировать генетические тесты и выдавать разрешения на их коммерческое использование должен Минздрав, а контролировать и регулировать деятельность генетико-диагностических центров и лабораторий — Росздравнадзор. Иными словами, прежде чем выводить на рынок генетические тесты, они должны быть проверены и перепроверены независимо в разных лабораториях.

В США разработку и продвижение коммерческих генетических тестов регулирует Управление по контролю за продуктами и лекарствами (FDA), которое относит эти тесты к категории «приборов для диагностики in vitro». Получить одобрение этой организации непросто. С 2010 года FDA разослало письма 17 компаниям (23andMe, Navigenics, deCODEme, EasyDNA и другим), которые занимаются генетическим тестированием, с предупреждением о прекращении их деятельности в США из-за отсутствия научных доказательств и неспособности точно предсказывать риск болезни [1]. Впрочем, в апреле 2017 года FDA одобрило заявки 23andMe на десять тестов [2]. Заметим, однако, что в этих заявках речь идет не об абстракциях вроде «спортивной одаренности», а о таких заболеваниях, как нарушение свертываемости крови, целиакия, болезни Альцгеймера или Паркинсона: подобные предсказания, по крайней мере, возможно проверить. И самое важное: специалисты FDA подчеркивают, что «Результаты, полученные в результате такого тестирования, не должны использоваться для диагностики или для принятия решений о лечении». Ситуация конечно же курьезная. Результаты генетического тестирования нельзя использовать ни для диагностики, ни для лечения. И для чего же тогда они нужны? По-видимому, всего лишь для упомянутых выше «познавательных, образовательных или развлекательных целей».

Соответствующая правовая основа худо-бедно есть и в России: «Проведение клинических испытаний медицинских изделий» [3], ГОСТ Р 51352 — 2013 «Медицинские изделия для диагностики in vitro» [4]. Но по причинам, указанным выше, это ничего не меняет.

Сейчас ситуация такова. У каждой большой или малой фирмы, занимающейся «персональной геномикой», свой набор маркеров, праймеров, своя база популяционных данных, свои формулы для вычисления рисков. Друг друга они воспринимают как конкурентов и явно между собой не контактируют. Опубликованы результаты нескольких проверочных исследований, авторы которых рассылали одни те же образцы ДНК или биоматериалов разным фирмам и получали от них противоречащие друг другу результаты. Среди авторов одной из первых таких публикаций был знаменитый Крейг Вентер [5]: более трети предсказаний, представленных двумя компаниями — 23andMe и Navigenics, — противоречили друг другу.

Я пытался запросить у российской компании «Генотек» исходные данные (базу данных), расчетные формулы и прочую информацию, необходимую для «Персональной геномики», но получил отказ: «Это наша интеллектуальная собственность».

Теперь — научные соображения. Они четко прозвучали в обсуждении доклада сотрудника Лаборатории пренатальной диагностики наследственных и врожденных заболеваний человека НИИ АГиР им. Д.О. Отта и Научного парка СПбГУ, кандидата биологических наук О.С. Глотова, на конгрессе «Молекулярные основы клинической медицины — возможное и реальное», который состоялся 26—28 марта 2015, Санкт-Петербург (подробнее см. [6]).

1. Парадокс размытости фенотипов и контрольной группы.

Если у человека в данный момент болезнь отсутствует, это не означает, что она никогда не проявится. Если человек ведет сидячий образ жизни, это не означает, что он не смог бы стать элитным атлетом, если бы занялся спортом.

Из-за размытости фенотипов «контрольная группа» по существу оказывается смесью (в неизвестных пропорциях) субъектов без склонности к спортивным талантам и субъектов с потенциальными, но непроявленными талантами. Это означает, что выборки формируются не по схеме «случаи — контроли», а по схеме «случаи — когорта», и к ним нужно применять принципиально иные процедуры статистического моделирования и анализа.

2. Адаптационно-эволюционная нейтральность большинства генотипов.

С точки зрения эволюционной теории одним из первейших вопросов, на который должна дать ответ спортивная геномика, должен звучать так: является ли найденный генетический поли-

морфизм эволюционно нейтральным или же генетическим (мутационным) грузом, который почему-то естественный отбор вовремя не отбраковал? В подавляющем большинстве случаев различия в частотах исследуемых генотипов между сравниваемыми группами столь ничтожны, что их можно считать адаптационно нейтральными.

3. Статистическая значимость эффекта не является синонимом его практической (клинической) важности.

Статистическая значимость наблюдаемых «генетических ассоциаций» (например, генотипов, «предрасполагающих» к спортивным талантам) вовсе не означает их практической (клинической) ценности. Такой ценностью обладают лишь очень немногие генетические маркеры (например, онкомаркеры *BRCA1*, *BRCA2*, *TP53*, *PTEN*). Подавляющее большинство других ассоциаций, хотя и статистически значимы, практически почти нейтральны (подробности здесь и далее см. [7]).

4. Парадокс суммирования баллов генетического риска.

При суммировании баллов генетического риска (GRS — genetic risk scores) очень часто аллели объявляются «предрасполагающими» лишь на основании того, что они чаще встречаются в группе элитных спортсменов, чем в группе неспортсменов. Мы показали, что в таком случае, если число локусов больше 5, то различия между группами будут фиктивными с *P*-значением меньше 0,04.

5. Парадокс множественных сравнений и отклонения от равновесия Харди — Вайнберга.

Если число категорий больше двух, то к ним нельзя применять обычные двухвыборочные критерии, и для попарных сравнений нужны поправки на их множественность. Кроме того, в спортивной геномике в изучаемых группах нередко наблюдаются статистически значимые отклонения от равновесия Харди — Вайнберга (правило из учебника, согласно которому при случайном скрещивании пар особей противоположного пола частоты аллелей в популяции сохраняются постоянными). И тогда нельзя понять, обуславливают ли более частые генотипы изучаемую предрасположенность, или же они вызваны неслучайностью в отборе групп. Основной причиной этих отклонений обычно считаются ошибки генотипирования.

6. Взаимодействие генов.

Второй важнейший вопрос в спортивной геномике (генетике предрасположенностей): усиливаются ли или хотя бы складываются «вредные» или «полезные» эффекты предрасполага-

ющих аллелей при их объединении в одном генотипе или же они взаимно нейтрализуются, как это имеет место при сбалансированном генетическом полиморфизме?

Представим, что нам удастся собрать в одном геноме все известные аллели, предрасполагающие к занятиям определенным видом спорта. Очевидно, что в силу неаддитивности и нейтрализации межгенных и средовых влияний спортивные способности субъекта с таким геномом не будут кратными числу предрасполагающих аллелей: 200 таких аллелей в одном геноме вряд ли приведут к 200-кратному увеличению спортивных характеристик у носителя.

7. Манья секретности.

Иногда приходится читать, что якобы сведения о генетических маркерах, отвечающих за спортивные задатки, все реже публикуются в открытой печати, поскольку в ряде стран их относят к категории «для служебного пользования». Однако причина уменьшения числа публикаций, скорее всего, куда прозаичнее: исследователи все более убеждаются в бесперспективности ДНК-тестирования потенциальных спортсменов.

Итак, переходим к выводам. Генетическое тестирование на основе природных аллелей научно слабо обосновано, его результаты плохо воспроизводятся. Его методы не регламентированы, не стандартизированы и не верифицированы. Попытки его практического применения для выявления и отбора потенциальных элитных атлетов как минимум преждевременны. Пока нельзя исключить, что такие действия принесут больше вреда, чем пользы.

Очевидно, что практическая нейтральность подавляющего большинства природных аллелей делают их абсолютно непригодными для диагностики и прогноза предрасположенности к болезням, профессиональных пригодностей, склонностей к занятиям спортом и прочим видам человеческой деятельности. Обсуждаемое явление можно назвать биологическим «принципом неопределенности», сдерживающим наши неумные желания и примиряющим их с нашими возможностями.

Что касается юридической стороны, то, прежде чем выходить на рынок услуг, все фирмы, занимающиеся персональной геномикой, должны проверяться регулирующими и контролирующими органами, которые, в свою очередь, должны организовать слепые рандомизированные проверки надежности, информативности генетических тестов, как это полагается по закону.



ДИСКУССИИ

На сегодня «генные ассоциаторшики» не несут ни моральной, ни юридической ответственности за свои предсказания. Получается как с ГМО, только с противоположным знаком: ГМО мы бездумно запрещаем, а DCT (Direct-To-Consumer Test) столь же бездумно разрешаем. И нам еще предстоит серьезно продумать и осознать, какими могут быть последствия для здоровья человека.

Литература

1. <http://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/InVitroDiagnostics/default.htm>
2. <https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm551185.htm>
3. <http://www.roszdravnadzor.ru/spec/medproducts/clinical/conduct>
4. <http://gostexpert.ru/data/files/51352-2013/66942.pdf>
5. Ng P.C., Murray S.S., Levy S., Venter J.C. An agenda for personalized medicine. *Nature*, 461, 724—726, 2009, doi: 10.1038/461724a
6. https://www.researchgate.net/publication/304492389_Paradoksy_i_zabluzdenia_v_sportivnoj_genomike
7. А. В. Рубанович, Н. Н. Хромов-Борисов. Теоретический анализ показателей предсказательной эффективности бинарных генетических тестов. «Экологическая генетика», 2013, XI, 1, 78—90. <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskiy-analiz-pokazateley-predskazatelnoy-effektivnosti-binarnykh-geneticheskikh-testov>



Беспозвоночные в печали и радости

Кандидат
биологических наук
Н.Л.Резник

Эмоции оказывают огромное влияние на нашу жизнь, эмоциональные расстройства — тем более. Они сложны, изучать их непросто, и для этой цели полезно иметь модельный объект. Беспозвоночные с их небольшой и несложной нервной системой уже сослужили нейробиологам хорошую службу, может быть, и тут они пригодятся. Но прежде нужно разобраться, есть у них эмоции или нет.



Что такое эмоции?

Люди со свойственным им антропоцентризмом под словом «эмоции» подразумевают прежде всего чувства: гнев, радость, удивление, страх, удовольствие. Эти состояния обычно выражают звуками, мимикой и жестами. Подобные признаки можно обнаружить и у позвоночных животных, особенно у млекопитающих, у беспозвоночных их нет. Мимическая мускулатура у них не развита, и не станет шмель бубнить себе под нос: «Ах, как я зол, как зол!» В таких случаях приходится обходиться косвенными признаками. Специалисты определяют эмоцию как временное состояние мозга, возникшее в результате оценки окружающей среды на основании субъективного опыта. Такое состояние влияет на когнитивные способности, поведение и некоторые физиологические признаки, и эти изменения можно зафиксировать. Вот, например, страх — эмоция, при которой животное чувствует опасность и готово, в зависимости от обстоятельств, защищаться, убежать или затаиться. При этом происходят когнитивные изменения (переключение внимания на определенные раздражители: шум, запах, какое-то мелькание в кустах), меняется поведение (животное бежит или прячется) и физиологическое состояние (учащается сердцебиение).

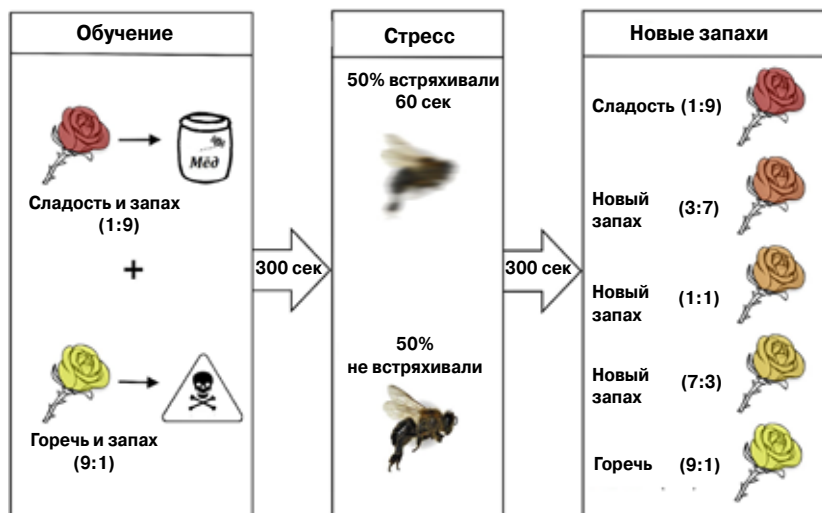
Для возникновения эмоций, как следует из определения, необходим субъективный опыт, а чтобы его приобрести, требуется, как минимум, помнить и оценивать происходящее. Поведение многих беспозвоночных внешне очень несложно, и ученые полагали, что их взаимодействие с миром основано на простых сенсомоторных реакциях: на запах летим, от тени над головой убегаем, от яркого света прячемся. Однако исследования нескольких последних десятилетий показали, что мозг беспозвоночных, хотя и устроен проще, чем у млекопитающих, работает по тем же принципам и может решать сложные задачи. У беспозвоночных есть нервные сети, органы чувств, способность к обучению и память. Они даже играют (см. «Химию и жизнь», 2015, 2), стало быть, и субъективный опыт приобретают. А если так, можно и эмоции у них поискать.

Поскольку беспозвоночные ведут себя не так, как люди, ученым приходится решать множество методических проблем, и работ в этой области пока немного. Полученные в них данные собрали и классифицировали специалисты лаборатории сенсорной и поведенческой экологии пчел Лондонского университета королевы Марии («Journal of Experimental Biology», 2017, 220, 3856—3868 doi:10.1242/jeb.151308). Свой анализ они начали с влияния эмоций на когнитивное восприятие.

Пессимисты и оптимисты

Эмоциональное состояние людей влияет на их когнитивное восприятие действительности: память, внимание, оценку рисков и другие подобные качества. У животных связь эмоций и когнитивных способностей доказать труднее. Один из первых экспериментов в этой области провели специалисты Бристольского университета («Nature», 2004, 427, 312, doi:10.1038/427312a). Они опирались на хорошо известный факт, что люди, которые испытывают отрицательные эмоции, негативно оценивают неоднозначные стимулы, а при положительных эмоциях они те же стимулы воспринимают положительно. Идут, например, по улице двое. Один предлагает зайти в незнакомое кафе, а другой, если он в хорошем настроении, охотно соглашается, а будучи в плохом, заявляет, что ноги его не будет в этой забегаловке.

Бристольские ученые работали с крысами. Сначала животных приучили к тому, что, услышав звук определенного тона и нажав на рычаг, они получают лакомый кусочек. В ответ на звук другой высоты тот же самый рычаг лучше не трогать, иначе крысам 30 секунд придется страдать от громкого шума. Когда животные усвоили этот урок, их случайным образом разделили на две группы. Клетки контрольной группы содержали в полном порядке. Крыс, обреченных на приобретение негативного опыта, поместили в непредсказуемые условия, на которые животные не могли повлиять: их клетки наклоняли, постельки мочили или



1
От пережитого потрясения пчелы становятся пессимистами и отвергают незнакомые запахи. Контрольные насекомые рассчитывают, что новый аромат сулит приятную трапезу

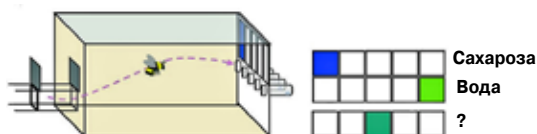


ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

подсаживали к ним незнакомца. В такой ситуации у грызунов развивались признаки легкой депрессии. Тогда исследователи повторили эксперимент с рычагом, включив в него, помимо знакомых, и новые звуки. Животные, перестрадавшие в наклонной клетке с мокрой подстилкой, дольше раздумывали, нажать ли на рычаг, и реже нажимали, оценивая незнакомый звук как негативный стимул. Животные контрольной группы жали на рычаг чаще и быстрее, рассчитывая, что и в данном случае получат угощение. А почему нет, собственно?

Этот метод взяли на вооружение исследователи беспозвоночных. Специалистам университета Ньюкасла удалось превратить в пессимистов медоносных пчел (рис. 1). Сначала насекомых приучили, что раствор сахара пахнет 1-гексанолом и 2-октанолом в соотношении 1:9, а горький раствор хинина — смесью тех же компонентов в обратной пропорции, 9:1. Затем половину пчел посадили в пробирку и сильно трясли. По мнению экспериментаторов, такая встряска напоминает пчелам нападение хищника на улей. На следующем этапе насекомым предлагали, помимо знакомых ароматов, запахи 1-гексанола и 2-октанона в незнакомых сочетаниях 3:7, 1:1 или 7:3. Когда пчела чувствует вкусный запах, она вытягивает хоботок, поэтому исследователь видит, как насекомое оценивает новые ароматы. После встряхивания пчелы ничего приятного не ожидали, новые стимулы оценивали в основном негативно и вытягивали хоботок реже, чем контрольные насекомые. Неприятное переживание повлияло на их когнитивное восприятие. Но возможно и другое объяснение — встряска переболтала гемолимфу пчел, улучшив их восприимчивость, и в результате насекомые точно знали, что предлагаемый им незнакомый запах не сладкий.

Лондонские исследователи из Университета королевы Марии оказались гуманнее коллег из Ньюкасла. Они работали с земляными шмелями *Bombus terrestris*, и их подопечным не пришлось переживать неприятных минут. Сначала шмелей, как водится, научили различать два стимула. Их запускали в камеру с пятью пробирками, одна из которых была помечена



2
Сладкая жизнь настраивает на оптимистический лад. Шмели привыкли, что слева под синей карточкой раствор сахарозы, а справа под зеленой — вода. Теперь им надо решить, стоит ли исследовать центральную пробирку

3
Морской слизень *Aplysia californica* выпускает чернильную жидкость

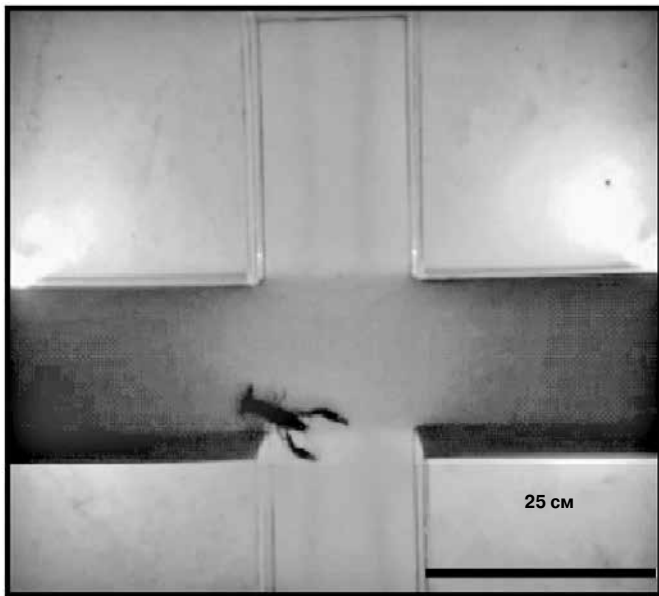
цветной карточкой. Слева под синей карточкой всегда была сладкая вода, а справа под зеленой — простая (рис. 2). Насекомые прямоком летели под синюю карточку. В отверстие под зеленой они не забирались, а просто летали по камере. По окончании тренировок шмелей угощали капелькой сиропа, а затем запускали в камеру, где центральная пробирка была помечена промежуточным, сине-зеленым цветом. Порция сиропа была совсем крошечной, все равно что маленький кусочек шоколада для человека. Насытить насекомое она не могла, однако изменила его взгляд на жизнь. Угощенные шмели чаще контрольной группы залезали в центральную пробирку, ожидая найти в ней что-то сладкое, при этом скорость их полета и исследовательская активность не изменились. Такая реакция напоминает человеческий оптимизм.

Страх и нежность

Наверное, одна из самых явных эмоций — страх. Он меняет поведение животного так, что сложно не заметить. Экспериментаторы пугают животных давно, одно из первых исследований страха у беспозвоночных выполнили на морских слизнях *Aplysia californica* («Science», 1981, 221, 504—506, doi: 10.1126/science.7192881).

Страх определяют как общее подготовительное состояние организма, вызванное стимулом, предвещающим неизбежную опасность. Стимул исследователи выбрали такой, который обычно страха не вызывает, чтобы не перепутать эту эмоцию с врожденным рефлексом. Морской слизень — здоровенный моллюск длиной около 40 см и весом до 7 кг (рис. 3). На него медленно лили креветочный экстракт (моллюску это якобы безразлично, он водоросли ест), а потом били током по голове. Очень скоро





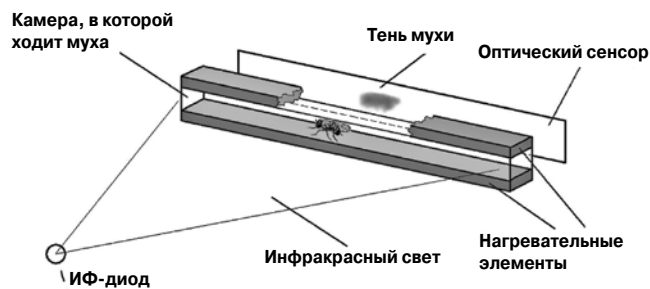
4

Рака посадили в центр приподнятого крестообразного лабиринта. В зависимости от уровня тревоги он будет обследовать новое место или попытается уползти в темноту

животные поняли, что вонючий экстракт предвещает беду. Едва его почуяв, слизни прекращали есть, втягивали голову, выпускали чернильную жидкость или пытались уползти. Такое поведение напоминает действия млекопитающих, испытывающих страх, — экспериментаторам удалось напугать беспозвоночных.

Страх вызван ожиданием явной опасности, неявная угроза порождает тревогу. Люди и животные тревожатся в незнакомой или некомфортной обстановке. Классический метод исследования тревоги у животных — эксперименты в приподнятом крестообразном лабиринте. Два его рукава открыты, два закрыты. Животные, как правило, избегают высоты и открытых мест, особенно если тревожатся. Если же они тщательно обследуют незнакомый лабиринт и не спешат спрятаться, значит, спокойны.

В такой лабиринт, погруженный в воду, поместили раков *Procambarus clarkii* (рис. 4). Если они предварительно получали серию ударов током, то не были склонны исследовать новое место и забивались в темные рукава. Негативный опыт усиливал их тревогу. Сходным образом вели себя и раки, содержащиеся в одном аквариуме с более сильным собратом, в схватках с которым они терпели регулярные поражения. Их повышенная тревожность напоминает поведение людей, подвергавшихся служебным преследованиям.



5

Как только муха останавливается, камера нагревается. У насекомых, которые не могут управлять этим процессом, развивается депрессия



6

Разные типы поведения красных огненных муравьев. Проявление удовольствия ни с чем не спутаешь

Повторяющиеся, неконтролируемые стрессы ввергают людей в депрессию, которая у животных проявляется как беспомощность. Ее исследовали немецкие ученые из Центра Рудольфа Вирхова («Current Biology», 2013, 23, 799—803, doi: 10.1016/j.cub.2013.03.054). Они работали с дрозофилами, которых по одной помещали в низкую камеру; взлететь в ней было нельзя, только ходить (рис. 5). Камеру освещал инфракрасный диод, и тень мухи попадала на оптический датчик, расположенный на задней стенке. Когда дрозофила на секунду останавливалась, датчик фиксировал отсутствие движения и камера нагревалась до некомфортной температуры 37°C. Муха пыталась убежать от жары, и, как только она возобновляла движение, температура падала до обычных 24°C. Рядом стояла вторая камера с другой мухой. Температура в ней менялась в соответствии с поведением дрозофилы в первой камере, и муха номер два не могла влиять на температурный режим. После десятиминутной тренировки нагрев прекратили, оставив мух при 24 градусах. Пережитый опыт сказался на дальнейшем поведении дрозофил. Мухи, привыкшие управлять ситуацией, шустро бегали, а контрольные насекомые мухи ходили медленно и чаще отдыхали. Такое поведение напоминает депрессию млекопитающих. Эти результаты подтвердились в экспериментах, в которых нагревание заменили электрическим разрядом.

Страх, депрессия, пессимизм. Кажется, ученые совсем не жалеют своих подопечных, и только исследователи шмелей стараются их не расстраивать. Отрицательные эмоции действительно изучают чаще. Отчасти это объясняется тем, что большинство работ, даже выполненных на животных, имеют в виду проблемы человека, а они связаны с негативными эмоциями. И вообще, отрицательные эмоции для животных, возможно, полезнее положительных. Тревога и страх позволяют избежать смертельной опасности с большей вероятностью, радость от выпитой сладкой капельки — нет. Тем не менее в жизни беспозвоночных есть место позитиву. Его обнаружили американские биологи, изучая видеозаписи поведения лабораторной колонии красных огненных муравьев *Solenopsis invicta* («Journal of Bioeconomics», 2016, 18, 159—167, doi:10.1007/s10818-016-9226-7). Оказалось, что муравьи приподнимают и опускают брюшко на 45°, когда пьют сладкую воду или ухаживают за личинками (рис. 6). Дрожание брюшка явно не предупреждает об опасности, поскольку в гнезде в это время темно и тихо, другие муравьи на такое поведение никак не реагируют, яд не выделяют. Общение эти движения тоже не напоминают. Исследователи предположили, что дрожание брюшка аналогично проявлению удовольствия у позвоночных: собаки, обнюхивая щенков, виляют хвостом, а люди, взяв на руки младенца, прижимают его к себе и покачивают. Конечно, эта гипотеза нуждается в подтверждении.

Кстати, маленькие дети, попив сладкой водички, меньше и тише плачут, когда у них берут кровь из пальца. Положительная эмоция помогает пережить отрицательную. У беспозвоночных, кажется, происходит то же самое. На шмелей

иногда нападает крабовый паук. Он не плетет сетей, а сидит в засаде на цветке, поджидая добычу (рис. в начале статьи). К счастью, шмелям часто удается вырваться. Лондонские исследователи имитировали атаку паука, ненадолго прижимая шмеля губкой, когда он направлялся к пробирке с сиропом. Насекомые, которым предварительно давали капельку сахара-розы, испытывали от этой атаки меньшую оторопь и быстрее возобновляли кормление, чем контрольные шмели.

Три биогенных амина

Эмоции, изменяя состояние мозга, влияют на активность симпатической и парасимпатической нервной системы. В результате у людей и позвоночных животных изменяются проводимость и температура кожи, частота сердечных сокращений, давление, нейроэндокринная активность и некоторые другие показатели. Эти изменения можно измерить. При этом следует учитывать, что разные эмоции на физиологическом уровне могут проявляться сходным образом: и тревога, и удовольствие, например, вызывают сердцебиение. Для характеристики базовых эмоций, таких как гнев или страх, используют сочетание признаков, большинство которых очень сложно или вообще невозможно применить к беспозвоночным. Насекомые мелкие, покровы у них жесткие, а кровеносная система незамкнута, поэтому частота сердечных сокращений у перепуганной дрозофилы или пчелы не возрастает. Однако у некоторых ракообразных и моллюсков пережитое влияет на частоту сердцебиения и дыхания. Недавно исследователи остановили сердце большого прудовика. Эти пресноводные моллюски не любят соли и прячутся в раковину. Прудовиков приучили, что хлористый калий появляется в их аквариуме вместе с сахарозой, и в ее присутствии они ведут себя так, будто воду посолили: прекращают есть, а их сердца пропускают удар, как у испуганных позвоночных.

Нейрохимия беспозвоночных и позвоночных схожа. У людей эмоции и вызванные ими физиологические изменения регулируются биогенными аминами: серотонином, дофамином и норадреналином. Это нейротрансмиттеры — вещества, с помощью которых электрохимический сигнал передается от нейрона другим клеткам. Они вырабатываются в определенных областях мозга, однако действуют на все отделы нервной системы. Связь между нейротрансмиттерами и эмоциями сложна, однако по уровню всех трех аминов можно диагностировать основные эмоции. Благодаря влиянию биогенных аминов возможна лекарственная терапия эмоциональных расстройств. Млекопитающие реагируют на определенные препараты так же, как люди, следовательно, их эмоции находятся под контролем тех же систем мозга.

Беспозвоночные тоже синтезируют серотонин и дофамин, а норадреналин им заменяет его химический аналог октопамин. В гемолимфе пчел, собранной после сильной встряски, содержание всех трех аминов понижено. У людей подобная картина наблюдается при депрессии. Кроме того, у людей нехватка серотонина изменяет восприятие, и они обращают больше внимания на негативные стимулы, как и потрясенные пчелы.

Тревожное поведение рака вызвано повышенным уровнем серотонина. Если этот амин ввести в гемолимфу животного, не испытывавшего стресса, оно будет избегать светлых областей лабиринта, как будто его перед этим били током. Раков, которые чувствуют тревогу из-за собственной социальной несостоятельности, можно взбодрить противотревожным препаратом хлордиазепоксидом или антагонистом серотониновых рецепторов метисергидом. Серотонин определяет и тревожность мух. У людей он также влияет на тревожное состояние, хотя его действие несколько сложнее, он связывается с разными типами рецепторов и действует в комбинации с дофамином.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

У шмелей препарат, подавляющий активность дофаминовых рецепторов, нейтрализует действие сахарозы и при оценке новых стимулов, и при нападении паука. У людей положительные эмоции тоже частично зависят от дофамина, как и оптимизм шмелей. Этот нейротрансмиттер может снизить негативный эффект от неприятной информации.

Хотя биогенные амины влияют на эмоции людей и животных, вряд ли так было всегда. Исследователи полагают, что эти соединения выполняли другие функции, например регулировали двигательный ответ на раздражитель, и лишь впоследствии, в ходе эволюции, были задействованы для выражения эмоций.

У людей в регуляции эмоций участвует множество участков мозга, в том числе подкорковые системы. Есть много доказательств, что эти отделы аналогичны мозгу насекомых. А он, несмотря на свою простоту и малость, способен решать довольно сложные задачи, набираться субъективного опыта и поддерживать эмоциональные состояния.

Конечно, разница в строении нервной системы позвоночных и беспозвоночных велика и должна сказываться на способах выражения и регуляции эмоций. Нет уверенности, что реакции, наблюдаемые у беспозвоночных, аналогичны человеческим эмоциям. Однако результаты проведенных экспериментов позволяют надеяться, что беспозвоночные смогут послужить моделями для фармакологических, неврологических и, возможно, генетических исследований эмоциональных расстройств, которые на человеке проводить неэтично. Кроме того, чем проще модель, тем она удобнее. Насекомые и моллюски, с немногочисленными и крупными нервными клетками, уже послужили нейробиологам для изучения нейронных сетей и нейротрансмиттеров, картирования функций отдельных нейронов. Возможно, на них удастся исследовать эмоции на клеточном уровне.

Чтобы лечить эмоциональные расстройства, нужно исследовать механизм их возникновения. И в этом случае не обойтись без эволюционных исследований. Изучение определенных эмоций у конкретного вида животных тут не поможет, надо проследить, как они зарождались и усложнились в процессе отбора и каковы их нейробиологические основы.

А еще эмоции важно изучать потому, что это проявление сознания. И, не разобравшись в этом вопросе, мы не сможем правильно взаимодействовать с многочисленными беспозвоночными, окружающими нас.



Прионы, агрессия и защечные мешки

Каких только грызунов не используют в лабораторных исследованиях! Хомячки, например, помогают изучать инфекционные болезни, перспективы пересадки органов, механизмы агрессии и многое другое.

Чаще других в лабораториях можно встретить сирийского хомячка *Mesocricetus auratus*. Его еще называют золотистым либо переднеазиатским. Размер он имеет небольшой, весит 100 граммов или чуть больше. Вероятно, все лабораторные сирийские хомячки происходят от одного самца и двух его сестер, пойманных в Сирии в 1930 году. Их потомков в 1931-м нелегально, в собственных карманах, вывез в Великобританию для исследовательских целей израильский паразитолог Савл Адлер. От них же происходят и те представители этого вида, что живут с человеком на правах домашних любимцев. А вот в Новый свет «сирийцы» попали лишь во время Второй мировой войны.

Хождение за хомячками

Многие хомячки, как и прочие грызуны, переносят инфекции, поражающие и человека. Одна из таких инфекций — лейшманиоз, заболевание кожи, вызванное простейшим лейшманией. В начале тридцатых годов XX века лейшманиоз представлял большую проблему на территории нынешнего Израиля и в его окрестностях. Савл Адлер пытался моделировать болезнь на китайских хомячках, но потерпел неудачу — эти животные никак не хотели размножаться в неволе, а поставки выловленных в дикой природе грызунов из Китая были непредсказуемы: в то время на него как раз собиралась напасть Япония.

Тогда Адлер попросил своего коллегу зоолога Израэля Аарони отловить несколько «местных» грызунов, близких к «китайцам», — сирийских хомячков. И Аарони это удалось. В экспедиции по окрестностям Алеппо с помощью гида-сирийца он поймал самку и десять ее новорожденных детенышей. К со-



flicr.com/emushere pelliculas

жалению, мать почти сразу же начала пожирать своих отпрысков, из-за чего ее пришлось умертвить, а хомячков кормить молоком вручную. Чуть позже шестеро из них сбежали, а один самец загрыз сестру. Животных осталось трое. Несмотря на все эти пертурбации, за год колония Аарони выросла до 150 особей.

И все же этого было мало для изучения лейшманиоза и других паразитарных заболеваний. Поэтому Адлер и решил распространить сирийских хомячков по различным лабораториям за пределами Израиля — чтобы сделать популяцию стабильной. Кстати, десятью годами позже он создал первую вакцину от лейшманиоза, которой впоследствии долгое время пользовались и в СССР. Она была разработана с использованием данных, полученных при работе с сирийскими хомячками. Эти животные помогли прояснить механизм заражения лейшманиями и то, как конкретно эти простейшие действовали на организм.

Мешки, сосуды и пересадки

Сирийские хомячки — пустынные животные, неудивительно, что они любят рыть норы и стремятся запасти как можно больше пищи. И то и другое проблематично сделать, когда хомячка держат в небольшой клетке на комбикорме, однако физиологические особенности, обеспечивающие эти особенности поведения, никуда не делись. И как минимум одна из них, а именно защечный мешок, используется в исследованиях микроциркуляции крови.

Защечные мешки нужны для того, чтобы помещать в них зерна и другую пищу и переносить ее в укромное место. Стенки этих мешков сильно растягиваются, так, что их можно вывернуть наружу, держа пинцетом, и отщипнуть кусочек. Полу-

ченные образцы тканей исследуют под микроскопом: смотрят, как перемещаются биологические жидкости от тканей к капиллярам и обратно, что мешает току крови, а что — помогает. Дело в том, что защечные мешки богаты кровеносными сосудами, поэтому изучать микроциркуляцию (а именно так называются описанные процессы) на них весьма удобно.

Есть у них и еще одна интересная особенность. Защечные мешки — иммунопривилегированные органы, то есть попавшие в их ткани чужеродные живые структуры не вызывают воспаления. Это делает защечные мешки отличным объектом для опытов по трансплантологии: пересаженные в их стенки ткани и фрагменты органов не отторгаются. Наблюдать за их развитием легко — достаточно вывернуть мешок наружу. В случае мышей, например, для подобной процедуры нужно либо вшить чужой орган в брюшную полость (и тогда видеть его ежедневно не получится), либо найти животное с подавленной иммунной системой (многие видели фотографии мыши с «человеческим ухом» на спине). Использование сирийских хомячков позволяет избежать подобных ухищрений.

Химия территориальности

Сирийские хомячки не отличаются любовью к соседям. Они яростно защищают свою территорию от чужаков, и, если в одну клетку поместить две особи одного и того же пола, они начнут драться. Победитель получит право оставить на полу и стенках свои запаховые метки. Таким образом, мечение в какой-то степени служит показателем доминантного поведения. Впрочем, хомячки метят территорию не только при ком-то, а всякий раз, когда попадают в новые и неосвоенные места.

Как и остальные формы поведения, проявления агрессии и доминирования регулируются нейромедиаторами и гормонами. Понять, какие из этих веществ воздействуют на человека и «злят» его, с помощью экспериментов не получится — этика не позволяет, да и есть предположение, что в этом задействован не один вид сигнальных молекул, а целая их сеть. Поэтому особенности «характеров» и социальных взаимодействий сирийских хомячков оказались как нельзя кстати. Исследователи из Государственного университета Джорджия в Атланте во главе с Элиотом Альберсом предположили, что агрессия и мечение могут быть спровоцированы действием вещества под названием аргинин-вазопрессин («Neuroscience Letters», 1985, 9, 55, 2, 239—243). Они вводили его в медиальную преоптическую область гипоталамуса — региона мозга, регулирующего множество физиологических реакций (голод, жажду и т. д.) и форм поведения, в том числе агрессию. В исследовании использовали и самцов, и самок.

Выяснилось, что дополнительный аргинин-вазопрессин в гипоталамусе повышает частоту оставления запаховых меток у сирийских хомячков обоих полов. Вещество — блокатор действия аргинина-вазопрессина, наоборот, такое поведение подавляет. Отсюда авторы работы сделали вывод, что именно содержание аргинина-вазопрессина в медиальной преоптической области гипоталамуса определяет, насколько хомячок будет склонен присваивать себе территорию, оставляя на ней запаховые метки.

Позже появились свидетельства в пользу того, что маркерным поведением управляют еще какие-то вещества. Например, это поведение чаще наблюдают у самцов, чем у самок, но распределение

аргинина-вазопрессина по гипоталамусу у представителей разных полов не отличается, да и его концентрация в целом тоже («Physiology and Behavior», 1994, 55, 5, 905—911). Исследованиями механизмов агрессии и доминантного поведения у хомячков Альберс занимается и по сей день. Более свежие работы выявили некоторые тонкости регуляции мечения и связанных с ним поведенческих актов аргинином-вазопрессином (см., например, «European Journal of Neuroscience», 2010, 31, 9, 1655—1663, doi: 10.1111/j.1460-9568.2010.07190.x.). Но верность найденной закономерности подтвердилась: за сложные формы социального поведения даже у таких высокоорганизованных животных, как млекопитающие, может отвечать одноединственное вещество.

Нобелевки и лекарства

Не обошлись без сирийских хомячков и нобелевские работы. В частности, «сирийцы» сыграли немаловажную роль в исследованиях везикулярного транспорта, распространения папилломавируса человека и даже открытия прионов.

Нобелевский лауреат 2013 года Джеймс Ротман в начале восьмидесятых исследовал, как перемещаются мембранные пузырьки в выращиваемых в культуре клетках яичников хомячков — правда, не сирийских, а китайских («Journal of Cell Biology», 1981, 90, 3, 697—704). Эти клетки были заражены вирусом везикулярного стоматита (vesicular stomatitis Indiana virus, VSIV). Ротман выяснил, что один из белков оболочки новым вирусным частицам «отдают» мембраны аппарата Гольджи. В ходе этой и некоторых других работ Ротман и коллеги уточнили детали работы мембранного аппарата клетки, в который входят и везикулы.

Харальд цур Хаузен, получивший премию по физиологии и медицине в 2008 году, сорока годами раньше заражал клетки сирийских хомячков аденовирусом типа 12, меченым тритием («Journal of Virology», 1968, 2, 9, 918—924). Он сделал так, что клетки, в которых появлялись соответствующие вирусные антигены, флуоресцировали. За несколько недель эксперимента ряд клеток успел поделиться, из-за чего число содержащих антиген клеток снизилось. Тем не менее оставшиеся флуоресцирующие клетки содержали примерно в два раза больше тритиевых меток, чем остальные. То есть в них были и антигены аденовируса, и его ДНК. Из результатов той работы цур Хаузен сделал вывод, что геном аденовируса 12 в зараженных клетках не распадается, а сохраняется, притом весьма надолго. Это натолкнуло его на мысль, что вирусы способны долго находиться во внешне здоровом организме. В том же году при экспериментах на



ЖЕРТВЫ НАУКИ

аналогичном объекте выяснилось, что аденовирус 12 вызывает в зараженных им клетках хромосомные перестройки («Journal of Virology», 1968, 2, 9, 915—917). А они, как известно, практически всегда присутствуют в клетках злокачественных опухолей. Так исследование биоматериала сирийских хомячков натолкнуло ученых на мысль, что некоторые виды онкологических заболеваний могут иметь инфекционную природу. Доказательство роли папилломавирусов в развитии рака шейки матки и принесло цур Хаузену Нобелевскую премию.

Определенную роль сыграли хомячки и в открытии прионов. Стенли Прузинер, получивший за это достижение Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 1997 году, выделил некий агент, вызывающий у мышей и хомячков заболевание под названием скреппи («Progress in Clinical and Biological Research», 1980; 39, 73—89). Больные животные постоянно возбуждены, у них зудит кожа, из-за чего они часто чешутся, а затем наступает истощение, паралич конечностей и в итоге смерть. Изначально заболевание обнаружили у овец.

В более поздних работах Прузинер показал, что это не «медленный вирус», как считали многие, а белок, но с особыми свойствами («Science», 1982, 9, 216, 4542, 136—144). Прионы чем-то похожи на лед-9 из романа Курта Воннегута «Колыбель для кошки». То вещество было особой формой воды и, соприкасаясь с жидкой водой или нормальным льдом, превращало их в себя и больше никогда не таяло. Так же и прионы: это «неправильно свернутые» варианты белков, которые при контакте с «правильными» молекулами того же белка необратимо меняют их конформацию, чем очень вредят тканям. Вызываемые прионами болезни чаще всего поражают нервную систему: это и скреппи, и куру, и болезнь Крейтцфельда — Якоба, и многие другие. Судя по последним данным, болезни Альцгеймера и Паркинсона тоже могут входить в этот список.

С. Ястребова

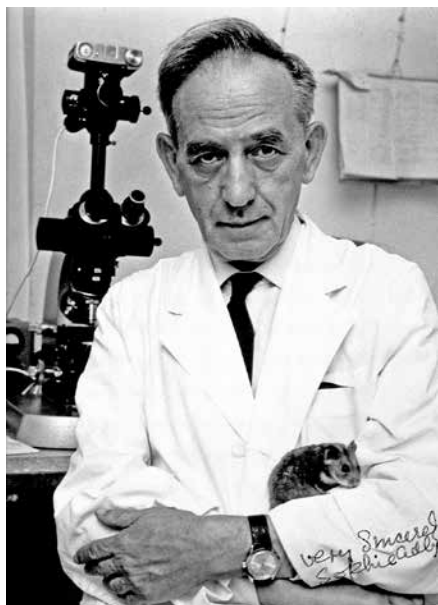


Фото: Werner Braun

Савл Адлер

Долгий собачий взгляд

День-деньской ребята, где бы они ни находились, слышали, как мисс Ларк кричит (очень громким голосом) что-нибудь вроде:

- Эдуард, где ты?
- Эдуард, не выходи без пальто!
- Эд, иди к мамочке!

Посторонний человек, конечно, решил бы, что Эдуард — это мальчик. Между прочим, Джейн была уверена, что мисс Ларк и считает Эдуарда маленьким мальчиком. Но Эдуард — это был не мальчик. Это был песик...

Памела Трэверс. Мэри Поппинс

Собака — друг человека. Этого почетного звания из множества домашних животных удостоилась она одна. А все потому, что собаки подолгу смотрят в глаза хозяину, ожидая доброго слова, указаний и помощи в трудных ситуациях. Собачьему взгляду посвящено немало исследований. Так, животных обучают доставать кусок колбасы из прозрачного закрытого контейнера, а потом дают контейнер, который открыть невозможно. Когда собаки не могут найти решения, они почти всегда смотрят человеку в лицо. И понимают подсказку, выраженную словом или взглядом. Это уникальное качество, другим псовым не свойственное. Волки, выращенные людьми и привыкшие к ним, упорно бьются над задачей, стараясь решить ее самостоятельно, и в лицо человеку не глядят («Current Biology», 2003, 13, 763—766, doi:10.1016/S0960-9822(03)00263-X). Да что волки! Кошки — коммуникативные гении, в трудной ситуации тоже полагаются на собственные силы, а на хозяина если и взглянут, то изредка и очень коротко («Animal Cognition», 2015, 18, 1195—1206, doi: 10.1007/s10071-015-0897-6). Так что домашний пес в этом отношении — уникал!

Обмен взглядами не только облегчает понимание намерений друг друга, но и помогает установить партнерские отношения. У людей он закладывает основы привязанности между матерью и младенцем, стимулируя у обоих синтез нейропептида и гормона окситоцина. Эта молекула выполняет разные функции (см. «Химию и жизнь», 2016, 9), в



том числе отвечает за дружелюбие и взаимную привязанность. Еще в начале века исследователи обнаружили, что у верного пса и его любящего хозяина, когда они обмениваются долгими взглядами, содержание окситоцина тоже возрастает, и чем больше человек удовлетворен своими отношениями с собакой, тем выше у него уровень окситоцина. Получается, что преданно глядя в лицо человека, собака как бы занимает в его сердце место ребенка. Во всяком случае, когда матери рассматривают фотографии своих детей и собак, у них активируются одни и те же области мозга. Неслучайно, наверное, некоторые собачницы, разговаривая со своей псиной, называют себя в третьем лице мамочкой.

От взора младенца, устремленного на мать, уровень окситоцина в ее организме возрастает, побуждая смотреть на малыша, ласкать его, разговаривать с ним. Под действием этих взглядов и нежного внимания усиливается синтез окситоцина у ребенка. Он дольше смотрит на маму, подхлестывая синтез ее окситоцина. Такая взаимная зависимость называется петлей положительной обратной связи. Но возникает ли эта петля при межвидовом контакте собаки и человека?

Этим вопросом заинтересовались японские исследователи под руководством профессора Университета Азабу Такэфуми Кикусуи («Science», 2015, 348, 333—336, doi: 10.1126/science.1261022). Ученые провели два эксперимента. В первом они наблюдали взаимодействие собак и их владельцев. Люди должны были провести полчаса в маленькой комнатке со своей собакой. Их просили не вставать со стула и позволить животному вести себя, как ему вздумается, игрушки и лакомства не давать, но можно гладить собаку, если она проявит инициативу, и разговаривать с ней. До и после сеанса у людей и животных измеряли уровень окситоцина в моче.

Оказалось, что собак можно разделить на две группы. Одни взглядывали на хозяев коротко, по 30—40 секунд, другие долго — более ста секунд. В группе долгоглядящих животных уровень окситоцина у них и у хозяев был тем выше, чем продолжительнее зрительный контакт, чем дольше человек разговаривал со своим псом и чаще к нему прикасался. Длительность разговоров и поглаживаний также коррелировала с продолжительностью взгляда. В группе короткоглядящих псов подобных зависимостей не наблюдается.

Такие же эксперименты провели с ручными волками. Эти животные выросли не в домах, но в тесном контакте с людьми, были к ним очень привязаны и даже спали в одном помещении. Социализированные волки во время сеанса охотно общались с человеком, ласкались к нему и заигрывали, однако в глаза ему заглядывала лишь половина животных и то очень коротко: зрительный контакт длился меньше секунды. Сколько волка ни корми, на человека он смотреть не станет. Уровень окситоцина после такого общения не изменился ни у животных, ни у людей.

Во втором эксперименте ученые проверили, действительно ли окситоцин увеличивает длительность обращенного к хозяину собачьего взгляда. Животным закапывали в нос окситоцин или растворитель. Прежде всего, исследователи убедились, что после введения нейропептида его концентрация в плазме крови и в моче также существенно возрастает и влияет на чувствительные к окситоцину нейроны.

Когда собак впускали в комнату, где неподвижно и молча сидели владелец и два незнакомых человека, окситоцин в полтора раза увеличил время, которое собаки гладили на хозяина (300 секунд после введения окситоцина и 200 после растворителя, вероятность статистической ошибки менее 0,01), а уровень окситоцина в моче их владельцев воз-

рос в 2,5 раза (вероятность ошибки менее 0,001). Правда, такой эффект нейропептид оказал только на собак женского пола.

Очевидно, при визуальном контакте собаки и человека возникает «окситоциновая петля». Ученые предположили, что засматривание в глаза хозяина как форма социального контакта возникло в процессе одомашнивания и развилось за время совместной эволюции. Взгляд стимулирует выделение окситоцина у владельца, облегчая собаке взаимодействие и дружественное общение с ним. Так собаки завоевали человеческую привязанность.

Эти исследования наделали много шума в средствах массовой информации, а вот критические замечания внимания не привлекли. Критики считали необходимым проверить, как отношения «мать и дитя» складываются у собак («Frontiers in Psychology», 2015, 6, 1845. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01845). Выражая привязанность, они облизывают друг друга и виляют хвостами. Если при таком общении у щенков и их матерей уровень окситоцина возрастает, это означает неспецифическую реакцию щенков на любого, кто о них заботится, не только на хозяина, и тогда гипотеза коэволюции вызывает сомнения.

Более того, хотя ученые и уверяют, что владельцы собак не знали о цели эксперимента, критики обнаружили, что в опытах участвовал по крайней мере один член исследовательской группы со своими двумя псами. Возможно, осведомленных участников было больше, и знание цели могло повлиять на длительность их переглядываний с собакой.

По мнению критиков, навык долгого взгляда может приобретаться с опытом, а не в процессе одомашнивания. Про собачий опыт японские исследователи ничего утверждать не могут, потому что работали только со взрослыми животными. Эту гипотезу можно проверить, протестировав собак разного возраста, и такие эксперименты проводили («Animal Behaviour», 2011, 82, 1043—1050, doi: 10.1016/j.anbehav.2011.07.039). Оказалось, что двухмесячные щенки,

которые не могут достать сосиску из контейнера, смотрят на человека редко и недолго. Очевидно, они еще не научились использовать взгляд как просьбу о помощи. Это умение приобретается месяцам к пяти, когда у собак уже появится опыт общения с человеком.

Тренировка и опыт влияют на собачье поведение, однако оно, безусловно, зависит и от других факторов. Ведь прирученные волки, хоть и проводят с людьми много времени, в глаза человеку не глядят. Таким образом, вопрос о роли одомашнивания в налаживании зрительных коммуникаций между людьми и собаками остался открытым.

Разбирательство продолжили психологи Йельского университета под руководством профессора Лори Сантос («Animal Behaviour», 2017, 133, 123—129, doi: 10.1016/j.anbehav.2017.09.002). Исследователи вспомнили, что кроме дикого волка и домашнего пса существует динго *Canis dingo*, вид, находящийся на ранней стадии одомашнивания или вторично одичавший. Общий предок домашних собак (*C. familiaris*) и динго жил не менее пяти тысяч лет назад, и динго, в отличие от собак, не подвергалась искусственному отбору. Динго с большей готовностью, чем волки, ловят направление человеческого взгляда, но следят за ним не так внимательно. Столкнувшись с неразрешимой задачей, они оборачиваются к человеку за подсказкой чаще, чем волки, но задерживают на людях взгляд меньше, чем собаки. Получается, что динго — идеальный промежуточный объект.

Исследователи протестировали 22 животных из Центра исследований динго в штате Виктория. В этом Центре собаки живут парами, независимо от людей, но сотрудники раз в день кормят животных, и динго их хорошо знают, однако они менее социализированы, чем японские ручные волки. Эксперимент был организован так же, как с волками и собаками, только длился пять минут (см. фото).

За это время в глаза человеку смотрели почти все динго (как и все собаки), но контакт продолжался в среднем две

ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

с половиной секунды — дольше, чем у волков, однако на порядок меньше, чем у собак. Хотя сотрудники разговаривали с динго дольше, чем с волками, и существенно дольше, чем с собаками, время разговора не повлияло на продолжительность взглядов. Очевидно, что никакого прилива окситоцина тут быть не могло, его даже не измеряли. Динго подтвердили свою промежуточную позицию между волками и домашними собаками.

Исследователи предположили, что отношения между собаками и людьми развивались в два этапа. Сначала отбор выделял тех псовых, которые смотрели в глаза людям. Эта тенденция оказалась адаптивной: таким же способом устанавливают контакт дети с родителями, поэтому собачий взгляд для людей также стал приглашением к контакту. Эта склонность к межвидовому партнерству подвергалась затем дальнейшему отбору. У декоративных пород она не особенно развита, а рабочие собаки, которые должны взаимодействовать с человеком, следят за его взглядом пристально. Хотя нельзя исключить, что и сам контакт, и склонность его продлевать возникли почти одновременно, но динго этот навык утратили из-за полудикого образа жизни, который вели.

Людям приятны собачья преданность, послушание, умение с полувзгляда понимать желание хозяина. Вопрос в том, нужно ли это собакам? По-видимому, да. В одном из экспериментов, где волкам и собакам предлагали извлекать колбасу из контейнера, волки полностью сосредоточились на этой задаче («Biology Letters», 2015, 11, 20150489, doi: 10.1098/rsbl.2015.0489). На человека они не смотрели, а контейнер теребили до тех пор, пока не добивались своего. Собак эта деятельность занимала существенно меньше. Они чаще глядели на людей, чем на колбасу, но, если человек словами или жестами побуждал их к решению задачи, открывали в конце концов контейнер. Все-таки поощрение и заинтересованность хозяина много значат для собак.

Н. Анина



Игра в гляделки.
Сотрудник Центра
исследований динго
со знакомым зверем



Секретное оружие конкисты

Кандидат биологических наук

А.В. Панов

Конкистадоры принесли в Америку не только карающий меч христианства и золотую лихорадку, но и множество болезней, к которым у местного населения не было иммунитета. Ацтекская эпидемия 1545 года унесла миллионы жизней, историки считают ее одной из самых сокрушительных в новой истории. Но только сейчас удалось раскрыть ее тайну.

Сразу же после контакта жителей Старого Света и индейцев Америки на новооткрытый континент обрушился поток неизвестных аборигенам технологий, растений, животных и конечно же инфекционных агентов. Европейские болезни вызывали эпидемии, которые даже в XIX столетии продолжали сокращать численность местного населения. На некоторых территориях популяционные потери достигали 95%. Считается, что массовые заболевания ослабили

индейские государства и облегчили завоевание Америки. Однако что это были за болезни — до сих пор неизвестно.

Ацтеки: от рассвета до заката

сисходили из чичимеков (слово это означало то ли «дикари», то ли «собачий народ»), обитавших где-то на севере современной Мексики и не имевших сколько-нибудь развитой культуры, письменности и т. п. Жили они в пещерах, пропитание добывали охотой и одевались в звериные шкуры. Переселение отдельных групп чичимеков на юг, в долину Мехико (тогда Анауак), началось в 820 году.

Последними (в 1168 году) свою родину покинули чичимеки с острова Ацтлан, название которого переводится как «место, где живут цапли». Точное местонахождение острова неизвестно, он существует лишь в легендах ацтеков. От Ацтлана и произошло слово «ацтеки», которым называли местных индейцев испанцы. Сами себя они называли «мешики» — по имени Меши,

жреца и вождя, возглавившего их исход из Ацтлана.

К тому моменту развитая цивилизация тольтеков, населявших долину Мехико, пришла в упадок: все новые волны чичимекских мигрантов приносили голод, болезни, социальную напряженность. Пришельцы не испытывали трудностей в общении с местными: их языки принадлежали к одной группе — науатль. Но вот поведение охотников в звериных шкурах не нравилось почти никому. Тольтеки прозвали чичимеков «пополока» — «варвары».

Чичимеки закладывали свои поселения и захватывали города ослабевших тольтеков. Тескоко (рис. 1) основали чичимеки-аколуа в 1216 году. Аскапоцалько в 1230-м заложили чичимекские мигранты второй волны — тепанеки. Крупнейший город тольтеков, Колуакан, заняли чичимеки третьей миграционной волны, оставшиеся в истории под именем колуа. Чичимеки Колуакана, однако, постарались перенять тольтекскую культуру, занялись земледелием и ремеслами, а звериные шкуры заменили одеждой из тканей.



РАССЛЕДОВАНИЕ

поля и даже торговать в Колауакане. Но в 1323 году ацтеки совершили роковую ошибку: они попросили у нового правителя Колауакана, Ачитомитля, дочь, чтобы сделать ее богиней. Тот согласился и отправил к ним девушку. В назначенный день он явился на церемонию, даже не представляя, как попадают в ацтекский пантеон. В кульминации праздника из храма ацтекского бога Уицилопочтли вышел жрец, обтянутый кожей, которую содрали с дочери Ачитомитля. Ритуал символизировал обдираание листьев при уборке созревших кукурузных початков, а девушка после этого считалась богиней плодородия. Но правитель Колауакана не понял сакрального смысла церемонии и приказал перебить ацтеков. Те, что смогли спастись, бежали к своим соплеменникам на болота Тескоко. Там, на одном из островов, в 1325 году под руководством вождя Теночча они основали город Теночтитлан, построив первый храм Уицилопочтли.

Ацтеков не стали искать на болотах, и довольно долго они жили в изоляции, создавали плавучие поля и искусственные острова, расширяя территорию Теночтитлана. С того времени мешки стали называть себя теночками — по имени своего вождя и названию города.

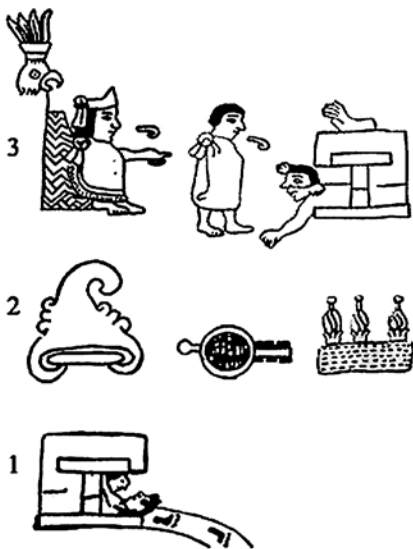
Поскольку Теночтитлан формально строился на землях Аскапоцалько, тепанеки вскоре предъявили свои права на власть, и ацтеки вынуждены были согласиться платить дань и служить в армии Аскапоцалько. В 1367 году тепанеки, контролировавшие уже шесть крупных городов на западном побережье озера Тескоко, не считая поселков вроде Теночтитлана, вместе с ацтеками завоевали Колауакан. После этой победы ацтеки попросили тепанеков разрешить им иметь правителя, как в других городах Мексиканской долины. И в 1376 году им стал житель Колауакана, сын ацтека и колауанки, дочери правителя города. Так началась династия ацтекских «монархов» — *тлатоани* (в переводе с науатля «оратор»).

К 1428 году Аскапоцалько подчинил себе огромную территорию с десятками поселений. Воины Теночтитлана участвовали во многих походах тепане-

1
Долина Мехико во времена ацтеков

В первой половине XIII века к озеру Тескоко в долине Мехико с северо-запада пришли ацтеки и решили обосноваться на холме Чапультепек. Сначала местные жители не придали этому значения, но агрессивные ацтеки постоянно напоминали о себе, нападая на соседей, захватывая земли и женщин. В то же время они старались поддерживать мир с более сильными племенами, например заключая браки или нанимаясь на военную службу (с 1250 по 1298 год ацтеки регулярно участвовали в войнах на стороне Аскапоцалько). Однако все это не уменьшало недовольство местных жителей поведением пришельцев. В 1299 году правитель Колауакана Кошкоштли, заручившись помощью Аскапоцалько, Шочимилько и других городов, напал на поселение ацтеков и разбил их войско. Часть выживших попала в рабство, а часть укрылась в болотах озера Тескоко.

На землях Колауакана ацтеки жили отдельной деревней, во всем подчиняясь Кошкоштли. После успешной войны с Шочимилько он даровал свободу ацтекам (рис. 2), разрешил им и дальше жить на своей земле, возделывать маисовые



4
Фрагмент «Кодекса Ботурина» — ацтекской пиктографической рукописи. 1 — В Колауакане совершили человеческие жертвоприношения. 2 — Колауакан объявил войну Шочимилько. 3 — Кошкоштли предложил ацтекам свободу, если они будут биться за него на войне



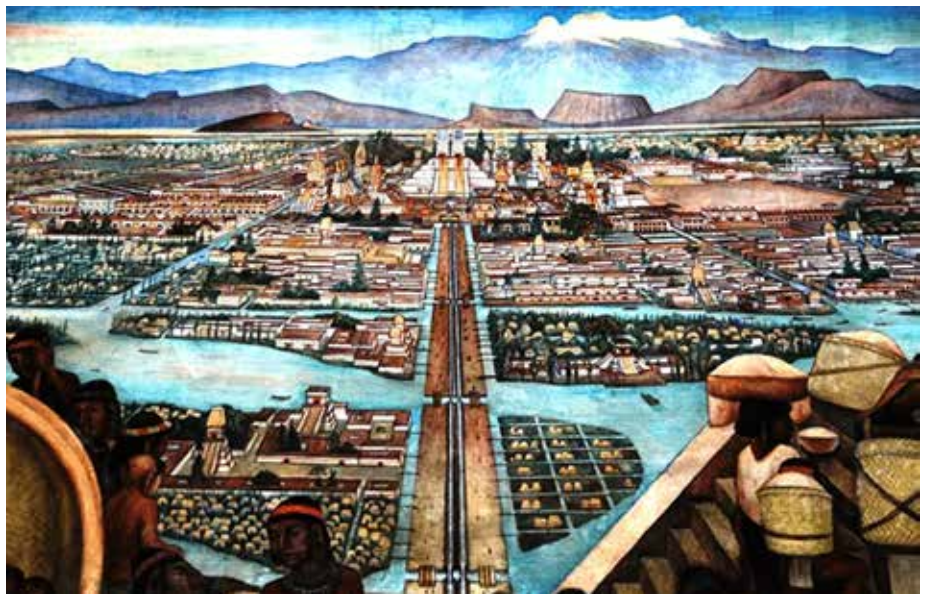
3
Эрнан Кортес

ков, и город, получая свою долю добычи, стремительно богател. Постепенно в ацтекском обществе укрепилась идея независимости, а толчком к ее реализации послужило убийство теночтитланского тлатоани, приписанное тепанекам. Однако ацтеки понимали, что в одиночку против огромного войска Аскапоцалько им не выстоять. И тут в Мексиканской долине объявился Несауалькойотль, бывший правитель города Тескоко, когда-то бежавший из него после захвата тепанеками. Он смог собрать немалое войско, чтобы отомстить Аскапоцалько и вернуть себе Тескоко. Армия Теночтитлана объединилась с его солдатами, и вместе они начали борьбу против Аскапоцалько, который пал в 1428 году. В Тескоко Несауалькойотль вошел в 1431 году и стал его законным правителем.

Тогда же, в начале 1430-х, образовался Тройственный союз — альянс Теночтитлана, Тескоко и последнего тепанекского прибежища, Тлакопана. Этот союз сыграл важнейшую роль в становлении ацтекского государства и просуществовал до прибытия в Америку испанцев, которые сумели разрушить его буквально за три года.

Невидимые захватчики

В 1518 году, к моменту появления в Центральной Америке испанцев под предводительством Эрнана Кортеса (рис. 3), территория, захваченная Тройственным союзом, занимала около трети нынешней Мексики — от Тихоокеанского побережья до Гватемалы и Чиapasа, — охватывая почти целиком штаты Веракрус, Пуэбла, Идальго, Мехико, Морелос и большую часть Герреры и Оахаки. Общее количество подконтрольных последнему



правителю Теночтитлана Монтесуме II поселений приближалось к 500.

То, что в большинстве источников принято называть Ацтекской империей, по сути, империей не являлось: это было объединение побежденных в войнах городов, платящих дань Тройственному союзу и время от времени поднимающих восстания против захватчиков. Зависимость от ацтеков и обязанность постоянно поставлять людей для жертвоприношений способствовали переходу многих городов на сторону испанцев, когда те приступили к захвату Теночтитлана.

А захватывать было что: столица ацтеков (рис. 4) купалась в золоте. Но это была не дикая роскошь — испанцам открылось развитие ацтекское государство. Высокие башни и храмы, ухоженные тенистые сады, маисовые и хлопковые террасные поля, дающие большие урожаи, охраняемые дороги с «закусочными» и общественными туалетами на всем протяжении, бани в каждом доме и общественные парные в городах. Обработка камня и кожи, изготовление бумаги, ткачество,ковка и литье — во всем этом ацтеки достигли больших высот. Оркестры, играющие ритмичную музыку, — несколько видов ударных инструментов, колокольчики, трещотки, флейты и трубы из раковин; поэты и певцы, художники и скульпторы... И всюду чистота и порядок: мощные улицы ежедневно подметали тысячи уборщиков, вдоль главных проспектов росли ароматические деревья, патрули охраняли спокойствие горожан. Даже рынки делились на сектора по видам товаров, продукты разных типов хранились по отдельности, а на прилавках их сортировали по качеству. Теночтитлан поразил испанцев: европейские города того времени ему сильно проигрывали. Однако настоящий культурный шок вызывало другое: при таком уровне общественного развития

4
Теночтитлан — столица ацтекского государства
selenitaconsciente.com

ацтеки продолжали приносить массовые человеческие жертвы — с поджариванием на кострах и вырыванием сердец.

В Теночтитлане испанцев встретили дружелюбно, но они быстро изменили мнение ацтеков о себе, начав с тайного взятия в заложники Монтесумы II (рис. 5) и разграбления государственной казны и закончив разрушением идолов в храме Уицилопочтли и попыткой прекратить человеческие жертвоприношения во время праздника. Вынужденно ставший марионеткой в испанских руках, Монтесума не оправдал ожидания своего народа и должен был умереть — случилось это стараниями то ли восставших подданных, то ли спасающихся от них захватчиков.



5
Монтесума II

Так или иначе, бежавшие из города конкистадоры оставили ацтекам отлично подготовленных диверсантов — возбудителей оспы и других заболеваний. В конце 1520 года начались эпидемии, а вместе с ними пришли неурожай и голод. За год погибло около 50% населения Теночтитлана и окрестностей, в том числе множество знатных общественных деятелей, военачальников и политиков, что, безусловно, отразилось на способности ацтеков противостоять завоевателям.

А Кортес тем временем объединил под своим флагом десятки индейских городов, захватил Тескоко (вторую столицу Тройственного союза) и в 1521 году осадил Теночтитлан. Спустя 80 дней столица ацтекского государства пала, и в этот раз испанцы ее разрушили и сожгли дотла. Чистоту и порядок сменили антисанитария, хаос и разруха, и начались новые эпидемии в разных районах Мексики.

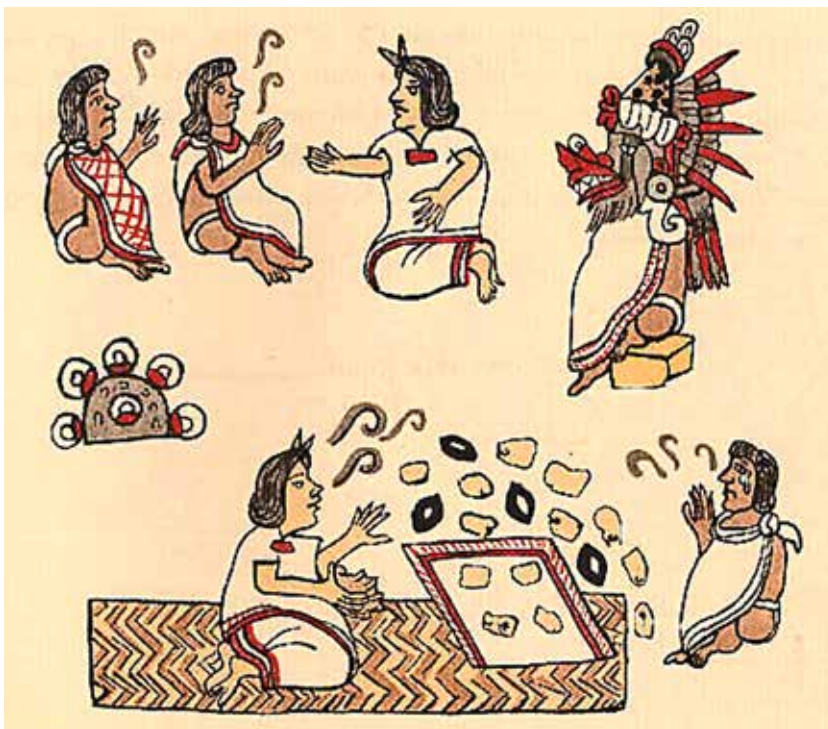
Возникает резонный вопрос: насколько у ацтеков была развита медицина — могли ли они что-то противопоставить новой угрозе?

Здравоохранение по-ацтекски

Население Мезоамерики не подвергалось таким обширным эпидемиям,

6

Фрагмент «Кодекса Мальябекки» — ацтекской книги, созданной в начальный период конкисты. Целитель устанавливает перед большим идолом Кецалькоатля, расстилает циновку и белое хлопковое одеяло. Затем ставит диагноз, бросая на одеяло кукурузные зерна. Если зерна падают друг на друга, то причина болезни — порочные сексуальные связи. Если зерна падают на разные половины одеяла поровну и так, что между ними можно провести прямую линию, больной скоро выздоровеет



<https://ru.wikipedia.org>

как те, что прошли по средневековой Европе, однако недоедание и инфекционные болезни не были для мезоамериканцев редкостью. Если человек доживал до 15 (а это не удавалось 30—40% индейцев доколумбовой Америки), то мог протянуть еще лет 13—29. Но все равно, по современным меркам, 44 года — не такая уж долгая жизнь.

Жители владений Тройственного союза ели не более двух раз в сутки, в основном кукурузные лепешки, на приготовление которых ежедневно уходило часа по четыре. Тех, кто ел чаще, считали обжорами, а пьянство приравнивали к серьезным преступлениям. Позднее индейцы говорили, что причина массовых болезней и смертей крылась в образе жизни, который принесли в Мезоамерику испанцы: они научили аборигенов есть много мяса и жира, пить много алкоголя и спать на мягких кроватях, отчего люди стали ленивыми, праздными и неустойчивыми к козням злых сил.

Ацтеки использовали для обозначения человеческого тела слово «тонакайо» (*tonacayo*), которым также называли сельхозпродукты, особенно кукурузу — основную пищу индейцев. (На этом тождестве, кстати, и основан ритуал сдирания кожи: как при очистке кукурузы обнажается все самое лучшее, так и при снятии кожи бог получает лучшую часть человека.) По их представлениям, в людях заключались три жизненно важные силы: *йолия* (*yolia*), *иййотль* (*ihiyotl*) и *тоналли* (*tonalli*). Любые изменения этих сил сказывались на здоровье.

Йолия располагалась в сердце, она, подобно христианской душе, оживляла тело, отвечала за характер и была бессмертной.



РАССЛЕДОВАНИЕ

Иийотль находился в печени и пробуждал порочные страсти, гнев и зависть. Безнравственные поступки индейцы называли грязными, и этой грязью (*тлацолли*) преступник загрязнял не только себя, но и окружающих. На этом представлении основаны все правила гигиены ацтеков, которые они четко соблюдали. Дома и дворы ежедневно подметали, чтобы удалить *тлацолли*. А для избавления от «грязи» на теле индейцы купались, смывая и грязь реальную. «Когда садишься есть, ты должен вымыть руки твои, умыть лицо твое, умыть рот твой... И когда еда закончится... ты должен поднять [упавшие крошки] и подмести место, где ел. И когда ты поешь, еще раз помой руки твои, вымой рот твой, очисти зубы» («Флорентийский кодекс». Бернардо да Саагун о жизни ацтеков, XVI в.) В ежедневном ритуале купания ацтеки пользовались подобием мыла из богатого танинами плода копальшокоотль (*Cyrtocarpa edulis*). При лечении же многих физических и психических заболеваний применяли так называемые потные ванны.

Тоналли содержалось в голове и давало телу тепло. Рост человека связывали с его *тоналли*, волосы на голове защищали *тоналли* и потому считались очень важными: их удаление, по мнению ацтеков, делало человека восприимчивым к недугам. Поэтому индейцы перед выполнением особо тяжелых работ предпочитали не стричься и даже не мыть голову.

И конечно, на здоровье ацтеков влияло множество богов и богинь. Так что природа того или иного заболевания была для индейцев сложносоставной, зависящей и от реальных средовых факторов, и от мира потустороннего, и от состояния внутренних жизненных сил человека (рис. 6).

Поэтому ацтекские целители (*тицитли*) должны были быть одновременно врачами и шаманами — чтобы возвращать жизненные силы и заклинать богов. *Тичитлями* могли становиться и мужчины, и женщины, что выгодно отличало медицину Нового Света от европейской. Хотя и ацтеки не избежали гендерных ограничений в некоторых видах деятель-

ности: только женщины могли лечить глаза и принимать роды, но только мужчины имели право зашивать раны и пришивать оторванные в битвах уши и носы.

С приходом к власти испанцев защиточные горожане получили возможность пользоваться услугами терапевтов и хирургов с европейскими медицинскими знаниями, а остальных жителей Мексики — индейцев, негров, метисов, мулатов и белых бедняков — продолжали врачевать тицитли. В 1545 году в Мехико практиковали всего четыре сертифицированных доктора. И даже 200 лет спустя мексиканские города продолжали страдать от нехватки медиков.

Типичные мезоамериканские недуги и снабдьба

Какие же инфекции одолевали жителей Тройственного союза до контакта с европейцами? Археология и история говорят о нередких случаях туберкулеза и сифилиса: их следы обнаружены на выкопанных скелетах, а лекарства от них описаны в ацтекском травнике. Однако чаще по Мезоамерике, как и везде, гуляли желудочно-кишечные и респираторные инфекции: бактериальная и амебная дизентерии, грипп и вирусная пневмония, сальмонеллез и т. д. Ацтекская медицина знала много способов борьбы со всей этой заразой. Но как только на побережье Мексики в 1519 году высадились европейцы, масштабы и разнообразие мезоамериканских заболеваний стали стремительно увеличиваться.

Тепосколула Юкундаа

Этот древний город в области Миштека Альта штата Оахака на юге Мексики. Он располагался в паре километров к юго-востоку от Сан-Педро-и-Сан-Пабло-Тепосколула на горе, возвышающейся над плодородной долиной.

Изначально Тепосколула Юкундаа принадлежала племени миштеков, но в середине XV века Тройственный союз завоевал север и центр Оахаки, и город стал платить дань ацтекам. После испанского вторжения, в 1550 году, Тепосколулу перенесли на северо-запад, в долину, вероятно, из-за эпидемии.

В доиспанском городе правящий класс жил на возвышенных участках, а остальные расселялись по склонам и равнине. В северной части города находились главная площадь и дворец, южнее — жилой район для дворян, западнее — террасы для жителей среднего

Для приготовления лекарств ацтекские тицитли использовали главным образом растения, но также и минералы, и плоть некоторых животных. В 1570 году король Испании отправил в Мексику врача Франсиско Эрнандеса, который за семь лет описал более 1200 растений из ацтекского травника (рис. 7). Например, *Psoralea pentaphylla* тицитли с успехом применяли в качестве жаропонижающего, *Garrya laurifolia* — как средство от дизентерии, валериану — как спазмолитик, *Commelina pallida* — в качестве кровоостанавливающего, а болотную мяту — при простуде. Воспаления дыхательных путей лечили баннным паром, миозиты и растяжения — массажем, опухоли — припарками из трав или хирургически. Ацтекские врачи настоятельно рекомендовали регулярно чистить зубы солью или измельченным углем. Если больному зубу не помогала смесь сосновой коры с земляными червями, перец или соль, то тицитль прокалывал десну и прикладывал специальную траву. Зуб, который нельзя было вылечить, удаляли, а в рану закладывали соль.

Понятно, что ацтеки, как и европейцы, в то время не знали антибиотиков, а иммунитета к новым для Мезоамерики заболеваниям у местного населения не было. Поэтому во время конкисты смертоносные эпидемии для Новой Испании стали обычным делом.

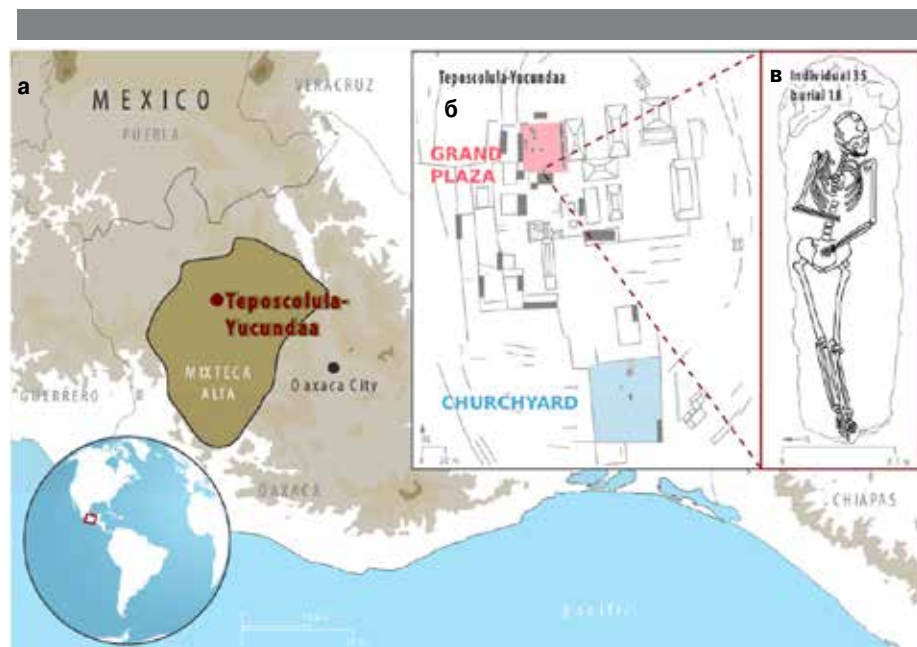
Эпидемии

В XVI веке по Мексике прокатилось 15 серьезных эпидемий. Самые известные среди них — эпидемия оспы 1520—1521



7
Страница травника, составленного Франсиско Эрнандесом

годов и великие эпидемии (на языке науа — *коколицтли*, «мор») 1545—1548 и 1576—1580 годов, выкосившие по разным оценкам от 7 до 18 миллионов местных жителей — а в 1519-м их насчитывалось 25 миллионов. По времени великие эпидемии совпали с крупными общественными изменениями: распространением христианства, уничтожением древней культуры, архитектурными преобразованиями и общим ухудшением санитарных условий. Этиология этих эпидемий пока не подтверждена. Коколицтли 1576 года в деталях



Миштека Альта и Тепосколула Юкундаа. а — местоположение Тепосколулы Юкундаа на карте Америки, б — схематичный план города, на котором отмечены главная площадь и церковное кладбище — основные места захоронений, в — скелет № 35, ставший одним из источников бактериальной ДНК

описали испанские врачи Франсиско Эрнандес и Алонсо Лопез де Инохосос. Симптомы заболевания включали лихорадку с сильной головной болью, сухостью рта, головокружением, болью в животе и кровоизлияниями, через 4—5 дней больной мог умереть. Поэтому эпидемию 1576—1580 годов считают какой-то геморрагической лихорадкой (Pathogens and Disease», 2017, 75, doi: 10.1093/femspd/ftx062).

Виновника предыдущей эпидемии, 1545 года, в XIX веке пытался определить в том числе Александр фон Гумбольдт, и он предположил тиф. Однако исторические источники не упоминают типичную тифозную сыпь, зато описывают кровотечения из носа — симптом, которого нет среди современных признаков заболевания. Тем не менее масштабы смертности при коколицтти 1545—1548 годов сделали тиф правдоподобным объяснением наряду с оспой, корью или чумой.

Исследовать эпидемии, буйствовавшие сотни лет назад, — задача не из легких. Большинство инфекционных болезней не оставляет характерных следов на скелетах, а исторические описания содержат ошибки перевода и могут описывать формы заболевания, отличные от современных. Потому выдвигаемые гипотезы часто противоречивы и подтвердить их трудно.

В 1998 году группа французских исследователей искала возбудителей европейской эпидемии чумы 1347—1351 годов. В качестве материала решили использовать пульпу зубов умерших в то время французов. Пульпа насыще-

на кровеносными сосудами, а потому должна была накопить немалое количество патогенов, циркулирующих в крови больного. Авторы работы обнаружили в пульпе ДНК чумной палочки *Yersinia pestis*, доказав тем самым этиологию эпидемии. Позже, в 2015 году, другие биологи сравнили эту ДНК с геномом намного менее агрессивной *Y. pestis*, распространенной 2800—5000 лет назад, и установили, что штамм, вызвавший Черную смерть XIV века, произошел от этого древнего и менее опасного организма.

Великий истребитель ацтеков

В феврале 2017 года группа ученых из Германии, Швейцарии, США и Мексики опубликовала на портале препринтов bioRxiv статью, проливающую свет на причину мексиканской эпидемии 1545—1548 годов (bioRxiv, 2017, doi: 10.1101/106740; «Nature Ecology & Evolution», 2018, doi: 10.1038/s41559-017-0446-6). По примеру французских исследователей они изучили ДНК из пульпы зубов ацтеков, найденных на кладбище древнего города Тепосколула Юкондаа в штате Оахака.

Для анализа огромной базы полученных из зубной пульпы фрагментов ДНК ученые применяли методы MALT (MEGAN Alignment Tool) и GWAS. MALT — программа для быстрого выравнивания и анализа последовательностей метагеномной ДНК, то есть ДНК, выделенной из образцов окружающей среды и состоящей из смеси разных молекул. Эта программа находит в прочитанных



РАССЛЕДОВАНИЕ

последовательностях высококонсервативные участки и сравнивает их с референсным (уже известным) геномом, выбирая искомые, — именно та задача, которую нужно решить, чтобы идентифицировать древнюю ДНК. С помощью GWAS — Genome-Wide Association Studies, полногеномный поиск ассоциаций — ищут однонуклеотидные полиморфизмы в генах, возникающие из-за точечных мутаций, что также дает полезную информацию при сравнении древних геномов с современными.

В трех образцах удалось обнаружить ДНК бактерии *Salmonella enterica*. Наибольшее количество совпадений было с *S. enterica* subsp. *enterica* серовар Paratyphi C штамм RKS4594 (NC_012125.1). В доколумбовых могилах ни одного фрагмента ДНК таких сальмонелл не нашли.

Сальмонеллы — подвижные грамотрицательные палочковидные энтеробактерии (рис. 8). *Salmonella enterica* — один из двух видов сальмонелл, включающий шесть подвидов и более 2600 сероваров. Эти организмы вызывают преимущественно желудочно-кишечные



Реконструкция Юкондаа



Современный Сан-Педро-и-Сан-Пабло-Тепосколула

класса, а восточнее — для остального населения. С юга к городу примыкали сельхозугодья. Между ними и городом испанцы поставили первую христианскую часовню. От кладбища при часовне сохранился лишь фундамент ограды.

Раскопки вели и на бывшем церковном кладбище, и в месте массовых захоронений во время эпидемии — на главной площади, где в общих могилах покоится более 800 человек. Древняя ДНК в скелетах сохранилась очень хорошо, а типизация

по митохондриальной ДНК подтвердила, что все изучаемые останки принадлежат коренным американцам. Анализ изотопов кислорода в останках и профиль геномных гаплогрупп также показали их сходство с современными миштеками.



РАССЛЕДОВАНИЕ

заболевания: сальмонеллез, брюшной тиф, паратифы.

Среди сероваров *Salmonella enterica* есть, в частности, *S. Typhi* и *S. Paratyphi*: первый вызывает брюшной тиф, а *S. Paratyphi C* (как и A, и B) — паратиф. От брюшного тифа паратиф отличается более острым началом, сравнительно легким течением и меньшей продолжительностью болезни. Паратиф C — достаточно редкое сейчас заболевание, но в случае заражения до 6% больных после выздоровления становятся бессимптомными носителями бактерий.

Заражение часто происходит при упо-



MicrobeWiki, University of Oklahoma

8

Клетка сальмонеллы

реблении непрожаренного мяса. (Так что индейцы по-своему были правы, утверждая, что всему виной обычай есть много мяса, заимствованный у белых.) Попав в кишечник, бактерии проходят сквозь слизистую оболочку и вторгаются в лимфоидные ткани и макрофаги. Системная инфекция развивается через 8—14 дней после заражения, и тогда сальмонелл уже можно найти в печени, селезенке и костном мозге. Для клинической картины паратифа характерны температура тела около 40°C, красная сыпь, запор, сильная боль в желудке и потеря аппетита. Лечат его так же, как и брюшной тиф: в большинстве стран используют фторхинолон

Ветрянка, Господи, подумать только, ветрянка! Население планеты миллионы лет развивается, совершенствует свою культуру, строит вот такие города, всячески старается утвердить свои идеалы и представления о красоте и — погибает. Часть умерла еще до нашей эры — пришел их срок, и они скончались тихо, с достоинством встретили смерть. Но остальные! Может быть, остальные марсиане погибли от болезни с изысканным, или грозным, или возвышенным названием? Ничего подобного, черт возьми, их доконала ветрянка, детская болезнь, болезнь, которая на Земле не убивает даже детей! Это неправильно, несправедливо. Это все равно что сказать про древних греков, что они погибли от свинки, а гордых римлян на их прекрасных холмах скопил грибок! Хоть бы дали мы марсианам время приготовить свой погребальный убор, принять надлежащую позу и измыслить какую-нибудь иную причину смерти.

Рэй Брэдбери. Марсианские хроники

ципрофлоксацин, в Индии и соседних с ней странах — цефалоспорины, из-за высокого уровня резистентности местных штаммов к фторхинолонам и налидиксовой кислоте. Для подавления устойчивых штаммов иногда используют азитромицин. Вакцин для профилактики паратифа пока нет.

Изучая геном покорителя Америки, можно кое-что узнать о том, каким он был. По сравнению с современным референсным штаммом RKS4594 у древней сальмонеллы обнаружили дополнительные регионы в хромосомном острове патогенности 7 (SPI-7). Один из таких регионов состоит из пяти генов: *pilS*, *pilU*, *pilT*, *pilV* и *rci*. Они входят в состав оперона, отвечающего за формирование пилей — ворсинок, с помощью которых бактерия прикрепляется к клеткам хозяина. Гены *pil* — структурные, а *rci* кодирует рекомбиназу — фермент, который переворачивает ген *pilV*, ставит его в ДНК бактерии «задом на-

перед». Именно так клетки *S. Typhi* регулируют синтез нужного типа белка PilV: когда экспрессируется перевернутый ген, у бактерий пили типа IVB формируются неполноценными либо не формируются вовсе, а это помогает микробам агрегироваться в бедной кислородом кишечной среде и поражать ткани хозяина. У некоторых современных штаммов *S. Paratyphi C*, включая RKS4594, этих генов либо нет, либо они изменены таким образом, что не способны «переворачиваться». Авторы исследования полагают, что полноценный *pil*-регион в составе SPI-7 древней сальмонеллы существенно увеличивал ее патогенность, следовательно, повышал вероятность обширной эпидемии. Кроме того, в пульпе

ацтекских зубов обнаружили плазмиду вирулентности рSPCV (внехромосомный ДНК-элемент, необходимый для инфицирования клеток хозяина) — обычный компонент современной *S. Paratyphi C*.

Все эти находки прямо указывают на то, что великая эпидемия 1545—1548 годов была вызвана паратифозной сальмонеллой.

К сожалению, исследователи фокусировались на конкретном возбудителе и не пытались найти других инфекционных агентов, которые тоже могли поучаствовать в истреблении ацтеков. А они, скорее всего, были. Ведь исторические хроники описывают один симптом, который не характерен для паратифа C, — кровоизлияния в желудочно-кишечном тракте. Это подводит к мысли, что коколицтли 1545 года — плод смешанной инфекции, где сальмонелла была лишь одним из участников, но явно способным усугублять положение больных. Нечто подобное было, например, во время знаменитой «испанки», пандемии гриппа 1918 года, когда вирусная инфекция сделала людей более восприимчивыми к пневмококкам.

Тем не менее благодаря интернациональной группе ученых тайна великой эпидемии 1545—1548 годов перестает быть тайной, виновник назван. До прихода испанцев сальмонеллы паратифа C в Мезоамерике не было, зато в Старом Свете она циркулировала еще 800 лет назад — то есть занесли ее на американский континент именно европейцы, которые были восприимчивы к этому серовару сальмонеллы на 60—90% меньше, чем местное население. Этот тайный герой конкисты вместе с собратьями, вызывающими оспу, корь и геморрагическую лихорадку, привел к трагическим последствиям для ацтеков. Не будь его, кто знает, по какому пути пошла бы история Мезоамерики.



Она написала отравление



Кандидат
химических наук
А.И.Курамшин

Маленькая седая дама вяжет, поддерживая с приятельницами беседу об опасности наркотических веществ, выдаваемых по предписанию врача. В маленьком и уютном домике книга открыта на странице с рецептом экстракции рицина из клещевины. В другом домике, тоже маленьком и уютном, на чайном подносе рассыпаны белые прозрачные кристаллы, они похожи на сахар, но, конечно, могут быть чем-то еще. В амбаре вдали от любопытных глаз кипит склянка с инсектицидом, и с холодильника в приемник по капле набирается смертельная доза никотина. В лаборатории университета химик, проводя ревизию своих запасов, замечает, что чаша с экстрактом болиголова вчера была полнее. Смешной маленький человек с нафабранными усами аккуратно пропускает содержимое кофейной чашки через индикаторную трубку... Где происходят все эти события? Конечно же — в книгах Агаты Кристи!

У творчества кавалерственной дамы Агаты Мэри Клариссы Маллоуэн, которую мы лучше знаем как Агату Кристи, миллионы поклонников во всем мире. Мне самому нравится перечитывать ее детективы, хотя и помню, где убийца дворецкий, а где не он. В детстве я взахлеб читал о приключениях Эркюля Пуаро, мисс Марпл и других, но тогда больше следил за сюжетом, не всегда обращая внимание на детали. Сейчас, когда я уже взрослый, и

не просто взрослый, а преподаватель химии с ученой степенью, меня больше восхищает разнообразие в подходах к выбору ядов, которое демонстрировала писательница. В чем в чем, а в снадобьях отравителя Агата Кристи действительно знала толк.

Конечно, Кристи не единственный автор детективов об отравлениях. Однако она вплетает отравления в сю-

Агата Кристи в униформе медицинской сестры



РАССЛЕДОВАНИЕ

жетные линии часто и со знанием дела; ее стиль — точное описание действия снадобья и симптомов, а также разнообразие ядов («Pharmaceutical Journal», 1978, 28, 572—573). Знания по химии и токсикологии Агата Кристи приобрела, будучи помощником аптекаря в пункте выдачи лекарств госпиталя Торки. Во время Первой мировой войны она добровольно пошла работать сестрой милосердия, и ей пришлось выучиться теории и практике химии и фармацевтики. Ей нужно было готовить лекарства по рецептам, а в начале XX века с этим мог справиться лишь человек, обладающий достаточными знаниями и практическими навыками, — порошки, пилюли и микстуры делали вручную. Впоследствии это наложило отпечаток на творчество королевы детектива: природные или синтетические яды применяются в восьмидесяти трех преступлениях, описанных в ее книгах.

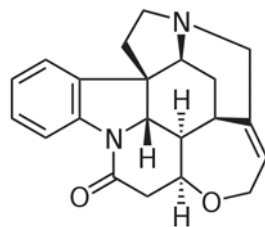
Именно тогда в Великобритании стала закрепляться метрическая система мер и весов, постепенно вытеснявшая имперскую систему фунтов, футов и унций. Непривычные единицы измерения приводили к ошибкам в расчетах, зачастую в лекарстве могло оказаться опасное количество того или иного ингредиента, и опять же об этом Агата Кристи знала не понаслышке. Ее писательская карьера пришлась на время существенных изменений в фармации и в аптечном ассортименте. В начале XX века врачи еще использовали препараты, содержащие стрихнин и мышьяк, но постепенно их применение сходило на нет, зато в рецептах стали значиться барбитураты.

Во время работы в госпитале у Кристи появилась мысль написать детективный роман, в 1916 году рукопись дебютного романа («Загадочное происшествие в Стайлзе») была закончена, а в 1920 году издана. Неудивительно, что в качестве орудия преступления был выбран яд. Однако преступник использует не один яд, а сочетание трех веществ — знатоком химии и токсикологии был не только отравитель, но и придумавшая его писательница.

Вспомним сюжет: на рассвете жильцы поместья Стайлз находят хозяйку дома Эмили Инглторп в предсмертных конвульсиях. Даже простодушный капитан Гастингс догадывается, что причина смерти несчастной женщины — отравление стрихнином: тело жертвы выгнуто дугой и опирается на кровать только ногами и затылком. Гастингс просит помочь в расследовании своего друга — эмигранта из Бельгии, и так в литературе появляется Эркуль Пуаро.

Стрихнин ($C_{21}H_{22}N_2O_2$) представляет собой индоловый алкалоид, выделенный в 1818 году из рвотных орешков — семян чилибухи *Strychnos nux-vomica*, исключительно горький на вкус. Это соединение нарушает работу нервной системы, блокируя глициновые рецепторы нейронов, отвечающих за двигательные функции. Глицин в организме регулирует активность нейромедиатора ацетилхолина: при связывании глицина со своим рецептором происходит дезактивация нейрона, а ацетилхолин его активирует. Стрихнин, взаимодействуя с тем же рецептором, возбуждает центральную нервную систему, повышает рефлекторную возбудимость, а большие дозы вызывают сильные болезненные судороги. Тем не менее малые дозы стрихнина входили в состав тонизирующих микстур, поскольку считалось, что он стимулирует нервы, а его горьковатый вкус возбуждает аппетит. Ни то ни другое так и не было доказано, и в итоге стрихнин покинул

Дэвид Суше в роли Эркуля Пуаро и Хью Фрейзер в роли капитана Гастингса в британском сериале «Пуаро Агаты Кристи»



Стрихнин

фармакопею. Одно время стрихнин использовали как пестицид, однако теперь его применение и в этом качестве запрещено.

А пока стрихнин еще употребляли в качестве лекарственного средства, дополнительной проблемой было очень небольшое различие между смертельной дозой стрихнина и той, которая считалась целебной. Всего лишь 100 миллиграммов достаточно для нарушения работы нервной системы. Симптомы отравления проявляются примерно через пятнадцать минут после попадания яда в организм: судорожные подергивания, которые, по мере того как нервная система выходит из-под контроля, перерастают в конвульсии. Смерть, как правило, наступает вследствие паралича мышц дыхательной системы.

Стрихнина в поместье Стайлз много, к услугам потенциального отравителя и упаковки порошка, и микстуры. Один из героев — коллега Агаты Кристи — работает в больничном пункте выдачи лекарств и имеет доступ к «медицинскому» стрихнину. Главная загадка

детektива — откуда отравитель взял препарат и каким образом ему удалось отравить миссис Инглторп.

Серое вещество легендарного бельгийского сыщика помогает ему вычислить не только убийцу, но и способ отравления. Пуаро приходит к выводу, что стрихнин, которым убили миссис Инглторп, был в ее собственной микстуре. Бутылочка с препаратом содержала смертельную дозу, но яд был разбавлен, и прием одной чайной ложки не мог привести к летальному исходу. Ошибки в расчетах не было, микстурку приготовили правильно. Однако злоумышленник добавил к ней второй компонент — порошок бромида калия (в начале XX века его выписывали как успокоительное, да и в конце XX века многие верили, что военнослужащим срочной службы добавляют в пищу «бром» для снятия возбуждения, но об этом как-нибудь в другой раз). Произошла реакция, растворимый сульфат стрихнина превратился в нерастворимый бромид, выпавший в осадок, и, когда миссис Инглторп приняла последнюю дозу, фактически она выпила весь стрихнин, который содержался в бутылочке.

Третий реагент — это морфин или близкое по типу действия наркотическое вещество. Его подсыпали в вечернее какао миссис Инглторп, чтобы замедлить действие стрихнина и отвлечь внимание от тонизирующей микстуры. Морфин и другие опиаты замедляют работу мышц кишечника и могут задерживать опустошение желудка на несколько часов, а соли стрихнина всасываются в кровь только в слабоосновной среде тонкого кишечника, но не в кислой среде желудка.

Точность выбранного Агатой Кристи метода отравления несомненна — описанная в романе клиническая картина практически полностью соответствует описанию в учебнике «Искусство приготовления лекарств по рецептам», который Агата Кристи должна была тщательно изучить, чтобы сдать экзамен и подтвердить свою квалификацию помощника аптекаря. Кристи больше всего ценила отзыв на роман «Загадочное происшествие в Стайлзе», опубликованный не в литературном журнале, а в фармацевтическом: «Это произведение редкость в том плане, что оно правильно написано». Автор отзыва предположил, что у писателя есть медицинское образование в области фармацевтики или он привлекал к работе над рукописью эксперта, а также рекомендовал использовать роман в качестве пособия для изучающих химию или фармацевтику («Journal of Chemical Education», 1992, 69, 536—537; doi: 10.1021/ed069p536).



С «Загадочного происшествия в Стайлзе» началась долгая и успешная карьера Агаты Кристи. Любовь читателей, награды короны — в 1956 году она была удостоена ордена Британской империи, а в 1971 году — личного дворянского титула и звания кавалерственной дамы ордена Британской империи. Знаменитая писательница не теряла интереса к лекарствам и ядам, при появлении на рынках новых лекарственных препаратов зачастую консультировалась со специалистами. В детективных сюжетах Тетушки Агаты редко можно встретить огнестрельные ранения — по ее словам, она практически не разбиралась в баллистике, но химических ключей к разгадыванию детективных головоломок традиционно много. Вот пример, который можно назвать наиболее фантастическим, из романа 1937 года «Безмолвный свидетель».

Действие происходит в Беркшире, в имени леди Арунделл, богатой пожилой дамы, которая окружена жадными родственниками. Леди Арунделл падает с лестницы, все считают, что она споткнулась о мячик, оставленный ее любимой собачкой Бобом. Свидетели рассказали, что изо рта леди исходило странное свечение. Что это было? Аура? Эктоплазма? Предвестие смерти? Или хемилюминесценция белого фосфора?

Белый фосфор (P_4) отличается высокой реакционной способностью, особенно активно он взаимодействует с кислородом. В воздухе пары белого фосфора реагируют с кислородом медленно, при этом наблюдается зеленоватое свечение. Однако если смесь паров белого фосфора и кислорода будет контактировать с пламенем или искрой, начнется бурная экзотермическая реакция, сопровождающаяся клубами белого дыма, — именно поэтому белый фосфор ранее использовали для изготовления трассирующих боеприпасов, дымовых завес и зажигательных бомб. Из-за высокой реакционной способности белый фосфор может сильно повредить кожу при контакте. Вдыхание его паров на протяжении длительного времени вызывает заболевание, в ряде случаев смертельное — фосфорный некроз верхней челюсти; впервые он был диагностирован в XIX веке у работников фабрик, где производили спички из белого фосфора.

Убийце из романа «Безмолвный свидетель» пероральный прием белого фосфора казался идеальным способом отравления. Смертельная доза для взрослого — около 100 миллиграммов, причем симптомы отравления легко спутать, например, с прободением язвы: рвота, иногда с кровью, острые

боли в брюшной полости. Однако при рвоте изо рта отравленного может вырваться дымок (это белый фосфор реагирует с кислородом), а дыхание имеет неприятный чесночный запах из-за водородных соединений фосфора и их производных — фосфинов. На некоторое время симптомы могут ослабевать и даже исчезать. Но если в организм попала смертельная доза белого фосфора, облегчение обманчиво: спустя какое-то время симптомы усилятся, помимо этого жертва будет чувствовать жажду. Смерть наступает примерно через три дня.

Белый фосфор липофилен, он легко проходит через липидные клеточные мембраны в пищеварительном тракте и попадает в кровь, особенно если одновременно с фосфором жертва принимает жирную пищу. Белый фосфор накапливается в печени и разрушает ее. Точный механизм его токсического действия на молекулярном уровне неизвестен, однако считается, что в его основе лежит свободно-радикальный процесс. Пораженная печень перестает выводить токсины из организма, это и приводит к смерти. При посмертной экспертизе повреждение, нанесенное печени белым фосфором, почти невозможно отличить от повреждений, вызванных «естественными» причинами — вирусными инфекциями или алкоголем. Однако прозектор может заметить характерные признаки отравления, например чеснокоподобный запах фосфорорганики. Если жертва получила большую дозу белого фосфора, при выключенном свете видно свечение в районе пищевода. Окончательное заключение можно сделать, нагревая образцы тканей на водяной бане и конденсируя летучие пары фосфора.

Леди Арунделл страдала заболеванием печени, что давало убийце огромное преимущество. После ужина она обычно принимала капсулу препарата, который мы бы сейчас назвали гепатопротектором, и отравитель добавил в одну из этих капсул дозу белого фосфора, предполагая, что дальнейшее ухудшение ее самочувствия будет связано

с болезнью. Однако свечение, которое видели во время ее смерти, дало Пуаро подсказку. Пуаро называет явление фосфоресценцией, а не хемилюминесценцией, что сейчас мы можем назвать ошибкой, но эта ошибка прощительна — роман написан задолго до того, как был установлен механизм свечения белого фосфора, контактирующего с кислородом («Journal of Physical Chemistry», 1976, 80, 20, 2240—2242; doi: 10.1021/j100561a021). Во всех остальных деталях Кристи точна, как обычно. Например, она детально описывает, каким образом отравитель мог получить белый фосфор — из крысиной отравы или спичечных головок.

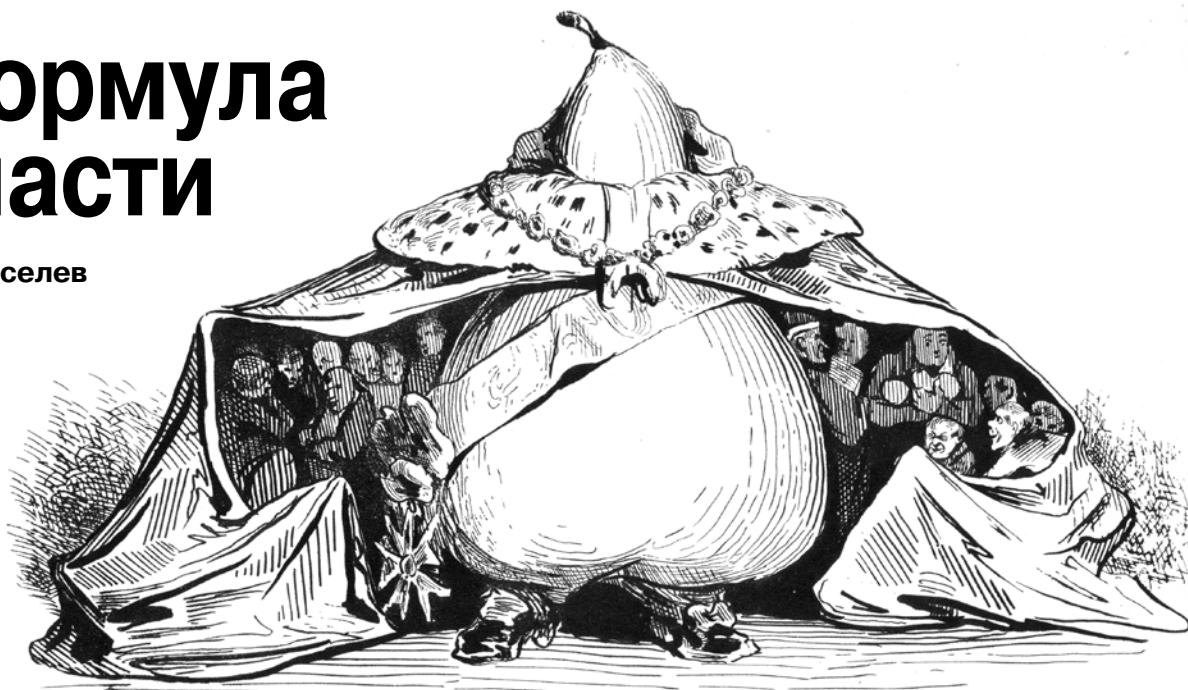
Нынешним авторам, пытающимся копировать подходы Тетушки Агаты, перенося их в наше время, следует сто раз подумать. Большую часть смертельных снадобий, которые были под рукой у тогдашних преступников, сейчас невозможно достать. Даже если предположить, что наш злодей добудет яд в научной или учебной лаборатории, судебно-медицинская экспертиза в наше время использует гораздо более совершенные и точные методы, чем эксперты — современники Пуаро или мисс Марпл. Токсикология также шагнула вперед, и замаскировать отравление под естественные причины сейчас гораздо сложнее (хотя конечно же не невозможно).

Примеров химической эрудиции Агаты Кристи множество, все не перечислишь в короткой статье. Разумеется, необязательно быть химиком, чтобы любить ее детективы, но, если вы химик, — профессиональный взгляд добавляет очарования знакомым с детства сюжетам. Главное — не пытаться воспроизводить рецепты Агаты Мэри Клариссы Маллоуэн на практике.



Формула власти

В.Д.Киселев



Художник Домье

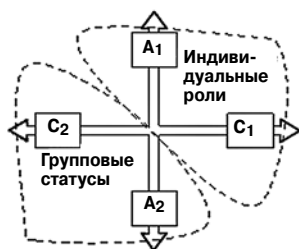


ПОИСКИ СМЫСЛА

Доктор из фильма «Формула любви» говорил: «Голова – предмет темный, исследованию не подлежит». Будущее – столь же темный предмет, особенно когда дело касается перераспределения властных полномочий. Но кое-какие соображения о формуле власти у современной науки имеются.

О властном потенциале

Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона утверждает, что власть — это господство одного над другим или другими. Власть может быть обоснована либо абсолютным превосходством субъекта власти над всеми остальными либо быть следствием относительного превосходства, вытекающего из природного порядка вещей (вроде власти родителей), естественной необходимости, либо из-за случайного совпадения обстоятельств. Есть ли возможность понять, из чего состоит такое превосходство и рассмотреть, достаточен ли его уровень у того, кто на власть претендует, для реализации своего замысла? Проведем для этого собственное исследование, для чего построим семантическое пространство термина «Власть», для начала простейшее, используя две биполярные шкалы, так называемые семантические диффе-



1 Семантическое пространство для термина «Власть»

ренциалы (рис. 1). Метод семантического дифференциала, кстати, был введен в психологические исследования Чарльзом Осгудом в 1952 году. А сегодня его актив-

но используют для визуализации многофакторных явлений и систем. На одном полюсе каждой шкалы будет располагаться понятие, отражающее компоненту власти, связанную с личными качествами человека, а на другом – антономичную компоненту, определяемую мнением людей, так называемый групповой статус.

Первый дифференциал, обозначим его A1 — A2, дает шкалу между Харизматической властью и Властью формального положения. Харизматическая власть — это личные способности человека оказывать влияние, а формальная «власть стула», «власть портфеля» — делает человека влиятельным независимо от его положения, такая власть признается управляемой группой.

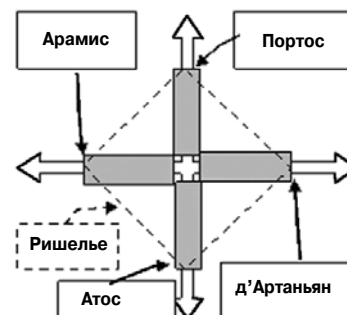
Второй, C1 — C2, состоит из оппозиции Власть лидера – Власть авторитета. В первом случае главную роль играют способности человека формулировать цели деятельности и создавать многовариантную стратегию их достижения. Во втором – признанный группой навык человека консолидировать людей; находить, формализовывать и сохранять даже в условиях высокой неопределенности такие, объединяющие всех, сакральные ценности.

Великолепная четверка и кардинал Ришелье

Понять значение и способ применения семантического пространства власти попробуем с помощью всем известных персонажей романа А.Дюма-старшего «Три мушкетера» (рис. 2). Для начала дадим их упрощенные характеристики.

Портос (он же будущий барон дю Валлон де Брасье де Пьерфон, личное имя не известно). Физически одаренный человек, способен решать боевые задачи с тяжелой лавкой в руках, а не только со шпажкой. Прямолинеен и простодушен, верный друг, навыками стратегирования не обладает, одновременно может решать только одну задачу. Высокими чинами не отмечен. Причина проста — одних физических способностей недостаточно, чтобы оказаться на вершине власти.

Д'Артаньян, гасконский дворянин, сделавший блестящую карьеру в роте королевских мушкетеров. Природный лидер, так как практически все приключения славной четверки спровоцированы и спланированы им. Способен быть стратегом и работать с альтернативными многозадачными сценариями. Французский поэт Эдмон Ростан утверждает, что д'Артаньян оценил и поздравил Сирано де Бержерака, когда тот, фехтуя и читая стихи на поединке, обещал и смертельно ранил Вальвера в конце баллады — то есть продемонстрировал замечательный образец работы с будущим. Это умение, вероятно, присуще и самому д'Артаньяну. Влюбчив



2 Качественно, власть четырех мушкетеров соответствует власти одного кардинала Ришелье

и способен одновременно увлекаться несколькими женщинами, имеющими разные социальные статусы.

Атос (он же Оливье, граф де Ла Фер). Старший из мушкетеров, рядовой солдат. Благороден, резонер, немного загадочен. Обладает высоким социальным статусом, за которым стоят люди, неформально признающие этот очень высокий формальный статус. Трагически разочарован в любви.

Арамис (Рене, шевалье (аббат) д'Эрбле, епископ Ваннский, герцог д'Аламеда), королевский мушкетер, позже — епископ Ванна, аббат монастыря в Нуази, генерал иезуитского ордена. Под напускной скромностью и внешней изящностью скрывается некоторое позерство, сдобренное изрядным мужеством и смелостью. Скрытен и хитер, даже с друзьями. Любвеобилен. Арамис — не просто католик, он входит в орден иезуитов, обладающего сакральными знаниями, недоступными для большинства верующих. К концу жизни изменился, обострились многие свойственные ему личностные черты, закономерно, что он стал циничным интриганом.

Эта четверка удальцов противостоит кардиналу Ришелье, первому министру Франции, исторической личности, в полной мере одаренной всеми видами власти. Он, безусловно, — харизматик и лидер, способный мыслить, как стратег, четко планировать свои и чужие успешные действия. У кардинала высочайший социальный (он почти равен королю) и сакральный (выше только папа римский) статусы.

Для решения вопроса о власти, выделим из многочисленных черт этих характеров те, что имеют отношение к выбранным сторонам власти. Причем, для упрощения, возьмем только ведущий властный потенциал каждого персонажа, хотя на самом деле, каждому человеку в той или иной мере одновременно присущи все потенциалы.

У Портоса, очевидно, нет ничего, кроме харизмы. Может возникнуть вопрос: как же так, какая у него власть, он же человек невысокого ума, даже друзья ему часто говорят «помолчи»? Дело в том, что харизма — это не только личное обаяние, но любые способности к совершению действий. Способность Портоса с помощью кулаков решить проблему — осуществить властные полномочия — не вызывает сомнений. Аналогичен и Атос — казалось бы, нет у него на момент действия никакой власти, рядовой мушкетер. Однако в сословном обществе совершенно невозможно скрыть высокий статус графа, который и дает незримую власть над товарищами. Значит, у него есть власть кресла. Аналогично не трудно догадаться о потенциалах других персонажей. Получается рисунок 2, где качественные профили власти мушкетеров обозначены прямоугольниками, а профиль кардинала — пунктирной линией.

Из этого рисунка сразу же становится понятным: только объединив усилия, друзья смогли превзойти кардинала. Причем лишь появление обладающего властью лидера Д'Артаньяна инициировало события, описанные в романе: как неформальный руководитель команды единомышленников, используя свои властные полномочия он удержал динамическое равновесие в противостоянии с Ришелье.

Дюма смог ухватить и вывести на страницы своих замечательных произведений четыре архетипических образа, но сделал это немного поверхностно, так как вряд ли думал о лежащей в основе теории, тем более, что она была создана в XX веке. Однако объединения людей для осуществления властных полномочий встречаются в мировой истории сплошь и рядом. Системы двуумвиратов, когда два сопровителя дополняют друг друга, обеспечивая общественную стабильность, долгие столетия сохраняла политические системы в Спарте или Риме, да и не только в них. Для борьбы за власть и ее удержания издавна применяется другая, менее жизнеспособная, конструкция — триумвираты. Они были и на закате Римской республики (Цезарь-Помпей-Красс или Октавиан-Антоний-Лепид) и в древней Руси (триумвират Ярославичей), их использовали для заполнения вакуума власти в СССР после смерти Ленина (Каменев-Зиновьев-Сталин) или Сталина (Маленков-Булганин-Хрущев).

Балда-узурпатор

Зачастую, впрочем, претендентам на власть не удается объединить лучшие качества для достижения стабильности или внутренние противоречия разрывают былые союзы (как это случилось со всеми триумвиратами). Тогда возникает ситуация конфликта и каждый использует свои преимущества для достижения окончательной победы. Прекрасной иллюстрацией совершаемых при этом ошибок может служить, казалось бы, незамысловатая сказка А.С.Пушкина «О Попе и работнике его Балде».

Напомним исторические реалии сюжета. Послевоенная Россия девятнадцатого века драматично переходит от феодальных — натурально-оборочных — к капиталистическим товарно-денежным отношениям. Семья поповская большая, но непривычна к труду. Попу, легитимному представителю высших божественных сил, пастырю православного народа, лидеру правящего семейства, понадобился помощник по хозяйству, по сути, заместитель, двуумвир, которому он смог бы делегировать часть своих полномочий. И вот, «Пошел Поп по базару, посмотреть кой-какого товара», а нашел там работника Балду. «Состряпали» сделку в устной форме. Оплата работы деньгами показала Попу не очень выгодной, расплата натурой выдалась ему более привычной

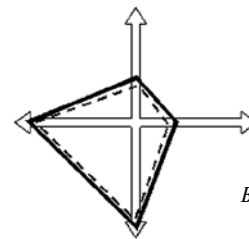
и приемлемой: всего в три щелчка по лбу. Понадеялся Поп на русский «авось!», так как привык работать в ситуациях с высокой степенью неопределенности.

Балде поручено усердно трудиться конюхом, поваром, плотником, землю пахать, обслуживать домочадцев, а также очень дружески взаимодействовать с членами «правлящей клики». Молодой, красивый, сильный, находчивый, харизматичный Балда уважительно относится к Попу, называя его почтительно «батька». А дальше начинается трагедия, да и не одна.

Поп, Балда, Старый бес и другие

Эту сказку можно было бы назвать сказкой об ошибках при делегировании полномочий или сказкой про легитимное завоевание власти народным героем. Ошибки со стороны Попа и Старого беса очевидны. Первый передоверился Балде в делах и так запустил ситуацию в собственной семье, что даже «попенок зовет его (Балду) тятей». Второй вместо того, чтобы разобратся с Балдой самому, поручил все даже не своему сыну, а малышу-внуку, чем обусловил свой однозначный проигрыш. Балда же прошел сложный путь героя: от простого, но харизматичного работника с низким социальным статусом до морального авторитета, способного по праву наказывать и вознаграждать.

Для понимания ситуации, проанализируем качественно властные потенциалы участников разыгрываемой драмы. У Попа и Старого беса формулы власти весьма схожи (рис. 3, где властный потенциал Попа обозначен сплошной линией, а



3.
Властные потенциалы Попа и Старого беса

беса — пунктирной). Оба старенькие и не очень харизматичные, у обоих уровень А1 — не высокий. Оба персонажа не очень умные — совершают грубые ошибки при делегировании полномочий, то есть и уровень С1 — не высокий. Оба имеют высокий формальный статус, значит, у обоих уровень власти кресла, А2 — максимален. Оба по статусу должны иметь доступ к сакральным знаниям, так что и уровень власти авторитета, С2 — максимален. В результате получается динамическое равновесие, на основании которого Старый бес может в любом суде доказательно утверждать, что он не должен выплачивать оброк Попу: силы-то обеих сторон равны!

Иная ситуация у Балды и бесенка. Балда, как Портос — харизматичный мужик с огромными кулачищами и силой немереной, однако он смог успешно

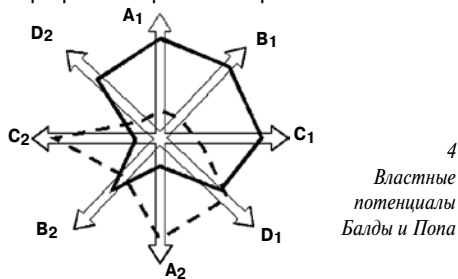
преодолеть все испытания, то есть изворотлив, как Д'Артаньян. При этом у него очевидно низкий социальный статус и ничем сакральным он не обладает. Супостат-бесенок, который при встрече «замякал как котенок» – не харизматичен, не умен, низко статусный, сакрального в нем ничего нет. Не удивительно, что их соревнование закончилось с разгромным счетом в пользу Балды.

Схватка Балды и Попа

Указанных простых схем не хватает для того, чтобы понять весь масштаб противостояния Балды и Попа. Поэтому усложним формулу власти, введя еще два дифференциала для описания способов влияния персонажа на другого персонажа или группу:

У шкалы В1—В2 на одном конце (В1) находится так называемый Мотиватор индивидуальный; он показывает, сколь легко человек может доброжелательно договориться со своим партнером или даже оппонентом об общих целях и ценностях, о возможности дальнейшего взаимовыгодного общения и взаимодействия. В оппозиции к нему находится Мотиватор для группы персонажей – способность договариваться об общих целях и ценностях с референтной группой (В2).

Шкала D1—D2 оценивает способность осуществлять властные полномочия: на одном ее конце расположена Власть пряника, когда за следование указаниям дают вознаграждение от лидера (D1), а на другом расположена Власть кнута, отрицательная санкция за отказ следовать указаниям авторитета (D2). Как мы помним, лидер и авторитет – это антонимы при рассмотрении вопроса о власти.



4
Властные потенциалы Балды и Попа

На такой схеме у Попа и Балды наблюдается комплиментарное равновесие: их властные потенциалы прямо противоположены.

A1. Балда харизматичный – Поп не харизматичный.

B1. Балда замечательный индивидуальный мотиватор (он договорился в разные моменты времени с Попом, попадьею, поповной, попенком, Старым бесом и бесенком) – Поп плохой мотиватор (договорился неудачно с Балдой, Старым бесом, удачно лишь с попадьею, да и то довольно давно, вне сюжета сказки).

C1. Балда умный лидер, который преодолел все затруднения – Поп попытался решить собственное затруднение только

с помощью попадьи, спрятавшись у нее под подолом.

D1. У Балды есть мешок честно взятого у чертей оброка – Поп получил от Балды мешок взятого у чертей оброка.

A2. У Балды формальный статус низкий: наемный за еду работник – у Попа формально высокий статус: пастырь народа.

B2. Балда – замечательный мотиватор для двух групп (конструктивный – для семьи Попа и деструктивный – для семьи Старого беса) – Поп в тексте сказки в качестве мотиватора для группы себя на проявил.

C2. Про сакральные знания Балды из текста ничего не известно, вероятно, он не грамотный – Поп, по статусу должен обладать сакральными знаниями, грамотный.

D2. У Балды большой потенциал деструктивной власти (веревкой морщил море, тем самым досаждая чертям, тремя щелчками в лоб довел Попа до полной семейной и общественной недееспособности) – Поп же с чертями сам не справился, хотя это его профессиональная задача – гонять чертей, безуспешно чинил козни Балде.

В графическом виде эти соображения показаны на рис. 4, где властный потенциал Балды обозначен сплошной линией, а Попа – пунктирной.

Получается, что если бы Поп и Балда образовали устойчивую группу, заявив общую цель – гонять чертей (собирать с них регулярный оброк) и вести совместное домашнее хозяйство, то они бы это делали вполне успешно и легитимно, так как их общегрупповой профиль власти подобен профилю Ришелье и сильнее профиля власти Старого беса. Точка сборки для возникновения такой успешной группы – мешок с оброком, полученный Попом, и возвращенный жениху Балде в качестве приданного влюбленной в него поповны. Поп берет в свою семью теперь богатого и очень работающего толкового зятя. Будь Поп поумнее, он смог бы уклониться от драматичного исхода и понянчил бы своих внуков...

Может сложиться впечатление, что Поп практически беззащитен перед Балдой, но это не так. Давайте внимательнее посмотрим на ситуацию с помощью обнаруженных властных потенциалов.

A1. Харизматичный Балда – не харизматичный Поп. Вывод: Балда победит, если предложит состязаться в борьбе.

B1. Замечательный мотиватор Балда – Слабый мотиватор Поп. Вывод: Балда победит, если начнет привлекать себе преемников и последователей.

C1. Умный лидер Балда – неумный Поп. Вывод: Балда победит, если предложит состязаться в интеллектуальных штудиях, например, решении практических и финансовых задач.

D1. Власть пряника. И у Балды, и у Попа мешок с оброком. Вывод: боевая ничья.

A2. Формальный статус низкий у Балды и высокий у Попа. Вывод: Поп победит,

если спросит у своих прихожан об этом.

B2. Замечательный мотиватор для группы Балда и более слабый мотиватор Поп. Вывод: Балда победит, если будет взаимодействовать с группами последователей или оппонентов.

C2. Сакральные знания: Балда слабее Попа. Вывод: Поп победит, если предложит публичный диспут по-гречески на библейские темы с опорой на священные тексты.

D2. Власть кнута. Потенциал Балды выше, чем у Попа. Вывод: Балда победит, так как в состоянии зашвырнуть палку за тучу на небе.

В итоге получается, что в пяти случаях из восьми победит Балда, в двух случаях – Поп, в одном случае – будет боевая ничья. Финальная победа за Балдой, но только по очкам.

Попенок. Профиль будущего Гамлета.

Особый интерес представляет трагический персонаж попенка. Через некоторое время ему стукнет восемнадцать и возникнут размышления о своей судьбе, о том, кем быть или не быть.

Балда – человек, которого он в детстве величал «тятей», — по факту лишил его и старшую сестру родного отца, лишил мать законного и статусного мужа; вероятно, женился на любимой сестре, тем самым — стал членом семьи и родственником. Он получил доступ к материальным ценностям семьи (например, взяв оброк от чертей в качестве приданного); вероятно, захватил власть в приходе. А ведь законным наследником Попа и его престола должен был стать попенок.

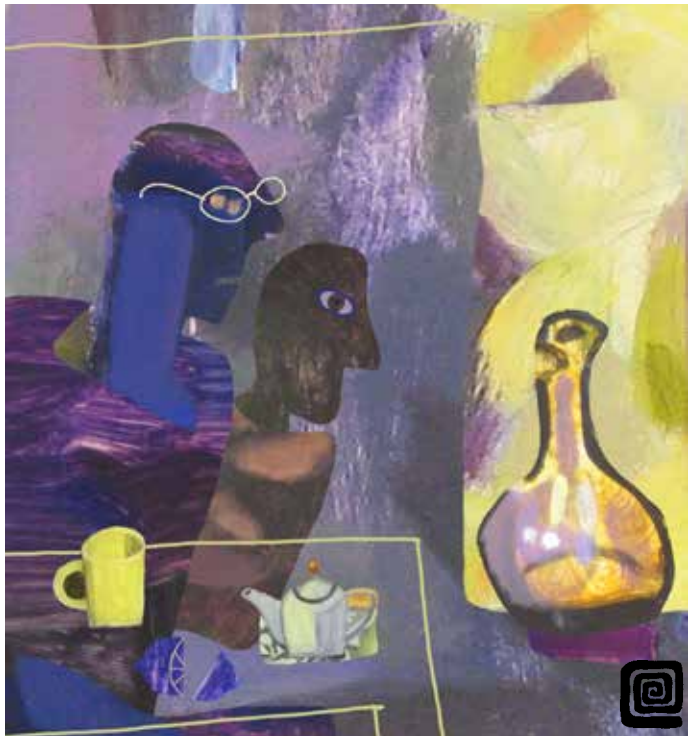
Похоже на Гамлета, принца Датского, или литературный архетип «Рыцарь, лишенный наследства»? Очень похоже. А последствия известны, и они печальны для обоих. Вряд ли в этом не столь уж отдаленном будущем между обоими персонажами возникнет мысль о формировании дуумвирата. Впрочем, эта история выходит за рамки пушкинского сюжета и приближает нас к реальной жизни, где, казалось бы, готовый преемник уходящего лидера порой вдруг оказывается отодвинутым взявшимся из ниоткуда (например, из подвалов тайной канцелярии как это сделал дон Рэба в повести Стругацких «Трудно быть богом») конкурентом, что приводит к конфликту, разрешимому лишь ликвидацией одной из сторон.

Так окружающая действительность дает не менее интересный материал для построения формул власти, чем сюжеты гениальных произведений. Анализ же таких формул позволяет найти смысл публичных телодвижений реальных политических деятелей. Ну и понять ошибки претендентов на тот или иной престол в надежде избежать своих ошибок в будущем.



Слышу голос из прекрасного далёка

Художник Е. Станикова



Дмитрий Никитин

НАНОФАНТАСТИКА

Забитая приборами лаборатория, куда физик Петров привел друга, климатолога Васина, меньше всего подходила для чаепития. Однако на столике в углу были уже приготовлены две чайных пары старого фарфора, две мельхиоровые ложечки, коробочка с разносортницей заварочных пакетиков и маленький, как раз на двоих человек, торт. Не хватало только чайника с кипятком. Наполненный водой чайник, похожий на колбу из толстого стекла, стоял почему-то на полу, точно в центре нарисованного на бетоне красного перекрестья. Петров нервно расхаживал вокруг, поглядывая то на чайник, то на стенные часы. Васин терпеливо ждал в углу на стуле. Наконец над чайником появился пар, и вскоре вода внутри заклокотала пузырьками.

— Теперь попьем чайку! — весело сказал Петров, подхватил чайник и стал разливать по чашкам кипятком.

— И что означает сия демонстрация? — спросил Васин, накладывая себе торт.

— Ты только что видел машину времени!

— И где мы сейчас — в прошлом или будущем?

— Чай, который ты сейчас пьешь, я вскипячу только завтра. Передам энергию для нагрева воды в прошлое. Из нынешнего будущего в нынешнее настоящее.

— Лучше бы ты торт из будущего переслал. Завтрашний.

— Нельзя переносить в другое время объекты, имеющие массу. Получается только с терагерцевым излучением. И только в прошлое.

Васин застыл с ложечкой у рта:

— Значит, это не фокус, не розыгрыш?

— Все очень серьезно. Поэтому я тебя и пригласил на первое испытание.

— Вот это да!

— Слушай! Установка запустится завтра автоматически. Но я буду лично контролировать на случай отказа, чтобы не возникло временного парадокса. И ты завтра приходи. Если вдруг мне кирпич на голову упадет. Я тебе потом покажу, как хроноротрон запустать вручную.

— Конечно, конечно! — Васин уже справился с потрясением. — Петров, ну, поздравляю! Это же Нобелевка! И тортиком тебе не отделаться!

— Понимаешь, какое дело! — Петров рассеянно разминал ложечкой бисквит. — Я ведь сначала теоретически все рассчитал. И понял... Если это мое открытие состоится, получит в будущем признание, то что я сам, будущий, буду делать? Первым делом, конечно, постараюсь передать к нам сюда какую-то информацию.

— Напишешь через двадцать лет письмо себе молодому? Так просто доску вон туда положи, пусть ты-будущий на ней буквы выжигает. Или лучше прямо на стене Президиума Академии нарисует, как на Валтасаровом пиру. Дайте, мол, Петрову собственный институт!

— Скажешь тоже! — Петров улыбнулся. — Тут же дисперсия по экспоненте идет. Я на сутках еле в точку попал, а на годы объемы воздействия до кубокилометров вырастают. Нет, чтобы информацию передать, надо там как-то излучение модулировать. Поэтому начал я с разных систем приема. Что-то вроде радиогаммы из будущего хотел поймать. И ничего. Ну, думаю, вдруг вся моя теория нереализуема? Построил передатчик. Как видишь, работает. А сигналов нет. Наверное, передача информации из будущего просто невозможна. Может, оно и к лучшему. А то что за жизнь — точно знать, что будет завтра. С другой стороны, зачем тогда мое изобретение?

— Как зачем? — Васин подозрительно поглядел на чайник с вскипяченной из другого времени водой, но все же долил себе в чашку. — Да хоть историю исправлять в правильную сторону. Многие бы это, кстати, объясняли. Вот та буря, что спасла Англию от Непобедимой армады, почему она так удачно случилась? Так прямо англичане тогда и написали, в шестнадцатом веке: «Дунул Господь — и они рассеялись». А дунули, то есть нагрели атмосферу в нужное время и в нужном месте товарищи из будущего, чтобы завоевание Англии Испанией потом не погубило первую промышленную революцию. А тайфуны, что в тринадцатом веке топили монгольский флот у Японии дважды подряд...

— Опять ты со своим климатическим оружием! Да несерьезно все это. Отговорки для проигравших. Что-то Цезарю бури не помешали в Британии высаживаться. К тому же не забывай о рассеивании пучка. Если речь о столетиях, нагревать всю планету придется.

На следующий день Васин пришел в лабораторию в глубокой задумчивости. Он молча присутствовал на финальной (или начальной, как посмотреть) стадии эксперимента. Лишь после того, как автоматически сработала передающая установка, послал во вчера тепловой луч, и Петров отключил энергопитание, Васин, наконец, заговорил:

— Я этой ночью кое-что проверил по своей базе.

— Какой еще базе?

— Понимаешь, как только я вчера от тебя ушел, стал думать. И понял: есть возможность передать из будущего информацию, даже если нагревать целиком планету.

— Это же сколько энергии для этого понадобится — всю Землю нагреть?

— Много. Но если информация действительно важная, жизненно важная для тех, в будущем... Короче! Я взял статистику за весь период систематических метеонаблюдений, с конца девятнадцатого века. Проанализировал чередование холодных и теплых лет.

— Ну?!

— Выявил закономерность. Странно даже, что никто раньше не обратил внимания...

— На что? Говори же!

— Три теплых года. Потом шесть холодных. Потом опять три теплых. Опять шесть холодных. Снова три теплых. И так до конца. Три точки, три тире, три точки...



Шутки британских врачей

У «British Medical Journal» — четвертого в мире по импакт-фактору среди медицинских журналов — есть традиция: перед Рождеством на сайте журнала появляются результаты шуточных научных исследований. Их авторы строят гипотезы о генетике и эпигенетике магов и маглов в мире Джоан Роулинг, ищут геномные корреляты с чувствительностью к запаху спаржи в моче, устанавливают медианное время жизни шоколадной конфеты в коробке, к которой имеет доступ персонал британского госпиталя... А иногда ставят вполне осмысленные задачи, но в заголовке статьи все почему-то видят повод для смеха.

Бесспорно, фундаментальная и прикладная медицина — самое серьезное в мире дело. Но также бесспорно, что и врачам иногда надо развлекаться.

В постели с Siri и Google Assistant

Гуглить или не гуглить? Советы о здоровье ищут в сети 41% пользователей Интернета в Великобритании. Ученые из Новой Зеландии проверили, хорошо ли умные персональные помощники — приложения Siri и Google Assistant отвечают на вопросы о сексуальном здоровье. Результаты сравнивали с поиском ответа в Google через браузер. Корректность ответов оценивала группа профессиональных экспертов.

Авторы подготовили список из 50 вопросов о сексуальном здоровье на основе материалов с сайта Национальной службы здравоохранения Великобритании и последних новостей по теме, а также проверили способность цифровых помощников находить локальные сервисы (аптеки, клиники и т. п.) и инструкции по технике секса.

Традиционный поиск в Google оказался самым эффективным, он помог получить корректные ответы в 72% случаев и не посоветовал ничего полезного только в 8%. Google Assistant превзошел Siri, цифровые помощники смогли правильно ответить на 50% и 32% вопросов соответственно. Siri не ответила более чем на треть вопросов.

Авторы постарались воспроизвести естественные ситуации поиска, говорили

с разными акцентами и даже шептали. Google Assistant и особенно Siri справлялись значительно хуже, если произношение отличалось от идеального британского. Поэтому авторы рекомендуют пользователям поработать над своим акцентом, а не кричать на цифровых помощников. Стоит отметить, что Siri часто распознавала слово sex как six и не понимала специальные термины вроде «вазэктомии». Кроме того, Siri оказалась довольно стеснительным помощником, она не показала картинок или видео по технике секса или использованию презервативов.

Все способы поиска позволили авторам узнать, передается ли вирус Зика половым путем и может ли использование презерватива защитить от заражения. Google Assistant и Siri смогли кое-что ответить на вопрос о ЗППП (в вопросе была именно аббревиатура), однако Siri, как ни странно, ничего не знала о ВИЧ.

Авторы исследования считают, что разработчикам цифровых помощников следует проработать модуль ответов на медицинские вопросы, особенно раздел о сексуальном здоровье. Вероятно, потребуется тесное сотрудничество врачей и ученых с разработчиками программного обеспечения, так как не все пользователи в состоянии отличить рекламу или псевдонаучные статьи от настоящих медицинских рекомендаций. А если вспомнить о том, что родители часто стесняются отвечать на подобные вопросы детей и подростков и отправляют их «погуглить», — это может быть серьезной проблемой.

Наш размер

Группа исследователей из Университета Кембриджа установила, что винные бокалы в Англии за 300 лет стали в семь раз больше. Вопрос о причинно-следственной связи этого фактора с потреблением спиртного пока остается открытым.

Известно, что размер тарелки может влиять на количество съеденной пищи. За последние сто лет тарелки стали больше, и тут прослеживается связь с распространением ожирения и избыточного веса. Тем не менее о том, как влияет объем

стакана на количество выпитого, известно немного. Ученые Кембриджского университета сделали первый шаг в рассмотрении этого вопроса, исследовав, как изменялся размер винного стакана на протяжении 300 лет.

Объектом исследования стали бокалы для вина на ножке, которые появляются в Англии с 1700 года. В конце XVII века предприниматель Джордж Равенскрофт организовал производство хрустальной посуды в промышленных масштабах, что и сделало винные бокалы доступными для обычных людей. Ученые измеряли объем бокалов для некрепленого вина (за исключением бокалов для игристых вин), из которых пили англичане с 1700 по 2017 год. Всего измерению подверглись 411 бокалов из пяти разных источников:

1. Отдел западного искусства Музея искусств и археологии Эшмола, Оксфордский университет (1700—1800, N = 43).

2. Королевский дом, где для каждого монарха заказывают новый набор посуды (1808—1947, N = 24).

3. eBay, аукционный и розничный веб-сайт (840—2016, N = 65).

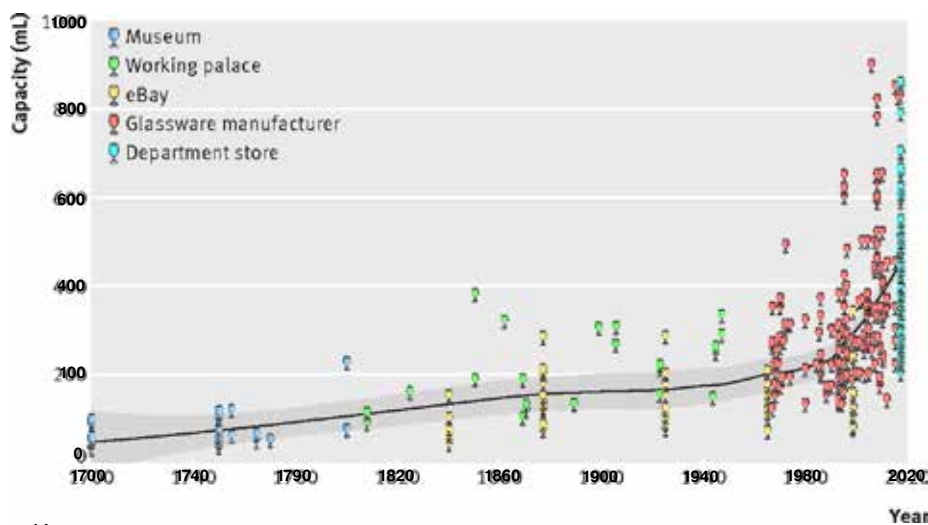
4. Каталог от Dartington Crystal, производителя английской стеклянной посуды (1967—1970, N = 180).

5. Универмаг John Lewis (2016), N = 99).

Оказалось, что объем винного бокала увеличился с 66 мл в 1700-х годах до 417 мл в 2000-х, а средний его размер в 1917—2016 годах составил 449 мл. На схеме представлена динамика изменения объема с 1700 до 2017 года.

По мнению авторов работы, наблюдаемый феномен обусловлен несколькими факторами, такими как изменения в налогах на стекольную промышленность, новые технологии производства, благосостояние населения и цены на вино, появление на рынке разнообразных сортов вина вместе с идеями о том, как их правильно употреблять. Большие бокалы увеличивают продажи вина в барах и ресторанах. «Всего один бокал» психологически воспринимается как «совсем немного вина», каким бы ни был объем. Кроме того — чем больше выпьешь сразу, тем больше получишь удовольствия и больше захочешь выпить.





Исследователи не пытались выявить прямую связь между увеличением размера бокалов и ростом потребления вина в Англии (а потребление резко растет с начала 1960-х). Тем не менее они призывают обратить внимание на факты, изложенные в статье, и предполагают, что возврат к небольшим бокалам может помочь в борьбе с пьянством.

Синдром языка руководителя у британских врачей

Частота встречаемости синдрома языка руководителя (management language syndrome) растет, и, как принято считать, это связано с интенсификацией тренингов лидерства и управленческой активности среди медицинских работников. Диагностика имеет большое значение для своевременной профилактики отчужденности, трудностей общения и неоправданного внимания к «ключевым показателям эффективности». Структурированный подход способствует раннему выявлению этого изнурительного расстройства и предотвращению возможного неизлечимого паралича полезной деятельности.

В клинику гигиены труда был направлен врач, работающий в больнице, возраст — 51 год. С начала реорганизации управления больницы в его речи появились бессмысленные выражения, такие как «сдвиг парадигмы», «гранулярность»

и «сфокусированное решение», перемежающиеся трехбуквенными аббревиатурами. Предварительный диагноз — синдром языка руководителя (СЯР). Среди медицинских работников растет частота этого заболевания в связи с ориентацией национальной службы здравоохранения на внедрение ценностей лидерства и менеджмента. Важно понимать, что лица, страдающие СЯР, зачастую не отдают себе отчета в том, что больны.

Задайте вопросы о природе речевых нарушений.

Локализация. Ограничиваются ли изменения в речи рабочим местом или даже члены семьи сообщают, что они теперь «находятся под непосредственным руководством» либо подвергаются «обзорам эффективности»?

Манифестация. Первое появление симптомов бывает непросто отследить, но оно часто бывает связано с назначением на пост директора больницы, получением должности в системе национальной службы здравоохранения или Королевском колледже. Были сообщения о распространенности раннего начала СЯР у лиц, получивших стипендию на прохождение курса повышения лидерского потенциала.

Факторы обострения/ремиссии. Спросите, усиливаются ли симптомы перед инспекцией регулирующих органов



УЧЕНЫЕ ДОСУГИ

или внеочередным собранием совета. Описаны улучшения артикуляции в моменты, когда больные СЯР находились в офлайне хотя бы временно.

Сопутствующие симптомы. Для их идентификации важен опрос знакомых. Сообщают ли коллеги об употреблении таких слов, как «результативность» или «быстрые победы»? Рассылал ли когда-либо пациент маловажные сообщения или, того хуже, «трансформационные повестки дня»?

Тяжесть состояния может быть определена в клинике с использованием сокращенного теста (см. таблицу).

Оцените общий вид пациента: имеется ли бледность кожи, вызванная длительным пребыванием в кабинетах без окон? Он стискивает в руке постоянно сигналящее электронное устройство, яростно нажимает на кнопки умных часов?

От редакции. Очевидно, что клинические проявления СЯР в значительной мере культурно обусловлены. У российских медработников при этом заболевании речевые тики могут быть иными; возможны упоминания «инновационных методов диагностики и лечения», «кадрового обеспечения отрасли» и «внедрения в практику ресурсосберегающих технологий в здравоохранении». Однако этот вопрос нуждается в дальнейшем многомерном исследовании.

**Вера Животова,
Надежда Кузнецова,
Елена Клещенко**

Число жаргонизмов на 10 слов	Примеры сопутствующих симптомов	Тяжесть СЯР и вероятный прогноз
1—3	Усиление зависимости от календаря и конференций в Outlook, даже во время обхода палат. Клинические сеансы прерываются встречами без определенных целей и с мизерными результатами.	<i>Мягкий</i> — считается простым случаем, легко обратимым при условии сотрудничества пациента.
4—6	Экономия времени путем сокращения «best wishes» до «bw» в электронных письмах, поздравительных открытках и документах. Обесценивание повседневной жизни из-за обсессивно-компульсивного чтения электронных писем, мгновенных сообщений и твитов (например, в туалете, во время мытья или приема пищи).	<i>Умеренный</i> — для подбора вариантов лечения требуется тщательный анализ причинно-следственных связей.
> 6	Полусознанные извивающиеся движения пальцев, беспокойство при изоляции от планшета с сенсорным экраном. Бормотание: «Напряженность в системе, есть напряженность в системе».	<i>Тяжелый</i> — возможно, врач следует полностью освоить от управления.

Литература

Nick Wilson, E Jane MacDonald, Osman David Mansoor, Jane Morgan. In bed with Siri and Google Assistant: a comparison of sexual health advice. *BMJ*, 2017; 35, doi: 10.1136/bmj.j5635

Zorana Zupan, Alexandra Evans, Dominique-Laurent Couturier, Theresa M. Marteau. Wine glass size in England from 1700 to 2017: a measure of our time. *BMJ*, 2017; 359, doi: 10.1136/bmj.j5623

10 Minute consultation: Mastering management language syndrome. *BMJ*, 2017; 359, doi: 10.1136/bmj.j5661

О пользе коньяковой муки

На лекарства и биологически активные добавки тоже существует мода. В последнее десятилетие внимание любителей здорового образа жизни и специалистов привлекает коньяковая (конжак) мука.

Получают ее из растения, которое по-русски чаще всего называют конжак или коньяку (конняку), а по-латыни — *Amorphophallus konjac*. Это травянистый многолетник из семейства аронниковых. Родина конжака — Вьетнам и Южный Китай, где его еще две тысячи лет назад выращивали ради съедобных клубней. Клубень — разросшийся стебель — прячется под землей; на второй год его размеры сопоставимы с яблоком, а со временем он может дорасти до крупного арбуза. Каждую весну на поверхность прорастает один лист, настолько рассеченный, что напоминает небольшой кустик, а его черешок часто принимают за ствол. Черешок покрыт пятнами, из-за которых *A. konjac* называют змеиным растением. Спустя шесть — семь месяцев лист отмирает. Раз в несколько лет конжак цветет и вместо листа выпускает соцветие-початок, обернутое гигантским листом-покрывалом. Темно-красный початок достигает метра в высоту. В его основании расположены женские цветки, выше — мужские, а верхние три четверти початка стерильны. Именно экзотическому виду соцветия растение обязано родовым названием.

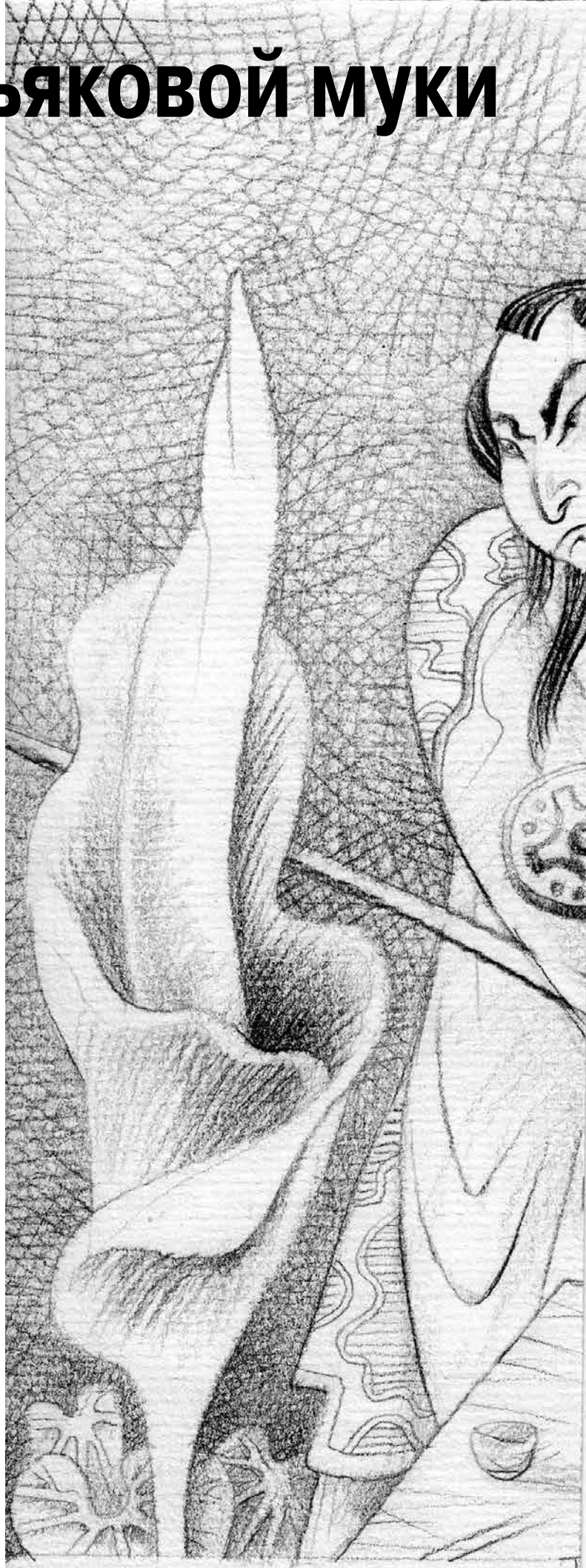
Конжак опыляют навозные мухи, чтобы их привлечь, соцветие испускает запах гниющего мяса, но недолго, всего день-другой. После опыления початок обламывается, и на цветоносе остается только зона женских цветков, из которых образуются мясистые ягоды. Их едят животные, а людям интересен клубень (еще одно название растения — слоновый ямс). Его сушат, варят, жарят, запекают, но сырым не едят, потому что он напичкан кристаллами оксалата кальция, придающими клубням едкий вкус. Вымачивание и термическая обработка позволяют снизить содержание оксалата кальция на 25—50%. К счастью, существуют и не едкие сорта. А еще клубни содержат соли фитиновой кислоты, которые связывают минеральные элементы, образуя в просвете кишечника неперевариваемые или нерастворимые комплексы.

Несмотря на эти недостатки, клубни конжака — ценный овощ. Его главное сокровище — полисахарид глюкоманнан, состоящий из остатков D-маннозы и D-глюкозы, хорошо растворимый в холодной и горячей воде. Хотя глюкоманнан не так известен, как крахмал, целлюлоза или пектин, это распространенный полисахарид. В разных видах растений он отличается степенью полимеризации и соотношением маннозы и глюкозы. Наибольшую известность приобрел именно конжаквый глюкоманнан (КГМ), молекула которого содержит до шести тысяч остатков D-маннозы и D-глюкозы в соотношении 1,6:1. Благодаря такой высокой степени полимеризации КГМ легко набухает и образует гели.

Глюкоманнан откладывается в особых клетках клубня, иди-областах. Коньяковая мука, приготовленная из высушенных клубней, содержит от 51 до 97% глюкоманнана и при достаточном количестве воды увеличивается в объеме в 800—1000 раз. В Японии из нее готовят лапшу и жележное блюдо «конняку», которое едят с соевым или рыбным соусом. От этого названия и произошло видовое имя растения.

Лапша из коньяковой муки быстро насыщает, поскольку разбухает в желудке и наполняет его. Считается поэтому, что коньяковая мука полезна людям, страдающим лишним весом, ожирением и сахарным диабетом второго типа. Приготовленный из нее гель используют как заменитель жира в соусах, колбасах, муссах и пирожных.

Традиционная восточная медицина использует клубни конжака не только в качестве источника здоровой пищи, но и как лекарство. Мука разжижает мокроту и помогает откашляться, стимулирует пищеварение, изгоняет глистов, полезна при запо-



рах, коликах и метеоризме, анорексии и диспепсии, бронхите и астме, анемии, усталости и общей слабости; это афродизиак и противоопухолевое средство, он регулирует иммунный статус и продлевает жизнь. Пасту из клубней применяют наружно для уменьшения артритных болей. Проще, пожалуй, перечислить болезни, при которых коньяковую муку не используют. Нас, однако, интересуют в первую очередь свойства КГМ, подтвержденные лабораторными и клиническими исследованиями.

КГМ начали изучать в конце XIX века, а в 1994 году признали безопасным. Большая часть данных о его медицинских свойствах получена в последние 20 лет. Прежде всего, глюкоманнан — пребиотик, то есть он создает условия, благоприятные для полезной микрофлоры толстого кишечника, главным образом лактобацилл и бифидобактерий. Эти бактерии выделяют фермент β -манназу, специфически расщепляющую глюкоманнан с образованием короткоцепочечных жирных кислот: уксусной, пропионовой и масляной. Кислоты помогают поддерживать низкий pH и служат источником энергии для полезной микрофлоры.

Однако КГМ действует и в других отделах пищеварительного тракта. Человек может проглотить или нативный, необработанный полимер, или слаборасщепленный полимер (гидролизат), который тоже образует гели, однако набухает не так сильно, как КГМ, или полимер, расщепленный на короткие цепочки, которые геля не образуют, но могут служить субстратом для бактериальных ферментов.

Во рту есть своя микрофлора, в том числе лактобациллы, препятствующие росту кариогенных стрептококков. В экспериментах *in vitro* лактобациллы ротовой полости ферментируют глюкоманнан и хорошо на нем растут, поэтому КГМ теоретически может противостоять кариесу.

Затем наш продукт попадает в глотку, и принципиально важно, в каком виде он там окажется. Слабый гидролизат образует гель, который облегчает глотание. Негидролизованый, высокополимерный КГМ разбухает так сильно, что может вызвать удушье. И все же люди, желающие сбросить вес, хотят, чтобы полимер как следует набух у них в желудке, поэтому нативный КГМ упаковывают в капсулы.

В желудке бактериальных ферментов нет, и полимер там не расщепляется, только увеличивается в объеме, снижая потребление калорий. Оттуда его путь лежит в тонкий кишечник, где микрофлоры тоже нет, и КГМ плотной массой движется в толстый кишечник. При этом он способствует перемещению другой пищи, не позволяя ей застаиваться в кишечнике. Возможно, глюкоманнан мешает всасыванию холестерина. Во всяком случае, исследования на людях показывают, что КГМ регулирует уровень холестерина и глюкозы в крови.

И вот мы в толстой кишке, населенной бактериями, где и происходит основная ферментация. Здесь КГМ не только регулирует состав микрофлоры. Толстый кишечник — это место, где поступающие с пищей аллергены и патогены впервые встречаются с иммунной системой. Лактобациллы и короткоцепочечные жирные кислоты, которые они синтезируют, улучшают иммунный статус. Возможно, благодаря этому КГМ снижает риск развития рака. Кроме того, он нормализует моторику кишечника и консистенцию стула. Хорошее пищеварение сказывается на



ПАНАЦЕЙКА

состоянии кожи и улучшает деятельность сальных желез.

Гидролизаты КГМ показаны и для применения на коже, в мочевом пузыре и вагине, где взаимодействуют с местной микрофлорой. Короткие фрагменты полимера подкармливают полезные бактерии. Орошение гидролизатом предотвращает развитие аллергического ринита и атопических кожных заболеваний. В экспериментах *in vitro* гидролизат подавляет рост бактерий, вызывающих акне и атопический дерматит, а также трихомонад, кандид и гарнерий — возбудителей вагинальных инфекций. Чтобы установить границы возможностей КГМ и его гидролизатов и механизмы их действия, потребуются дальнейшие исследования.

Из вязкого раствора полимера получают съедобные пленки, нерастворимые в воде и даже в растворах кислот. Их можно использовать как оболочки для пилюль, которые должны действовать в толстом кишечнике. Лекарство в целостности пройдет через кислую среду желудка и доберется до цели, где бактериальные ферменты расщепят защитную пленку.

А как же лишний вес? Конжак широко рекламируют как средство, помогающее его сбросить. От двух до четырех граммов КГМ в день, разделенные на несколько приемов, должны вызвать чувство сытости. Клинических исследований такого действия, выполненных двойным слепым методом, немного. Их авторы указывают на мягкое действие и эффективность КГМ при лишнем весе и ожирении как у взрослых, так и у детей. У этих исследований есть и критики, которые отмечают ошибки в проведении экспериментов и сомневаются в результатах. Безусловно, при избыточном весе или ожирении краткий курс, как правило, восьминедельный, позволяет снизить вес более чем на три килограмма. Однако клиническая значимость такого результата сомнительна. Аппетит действительно уменьшается, но при этом возможны диарея и вздутие живота. На индекс массы тела КГМ-терапия не влияет. Так что похудательное действие КГМ нуждается в проверке.

Несомненно, однако, что эта пищевая добавка улучшает чувствительность к инсулину у больных сахарным диабетом 2-го типа, нормализует содержание глюкозы и холестерина в плазме крови, снижает давление, то есть влияет на факторы риска, сопутствующие ожирению. А главное — вреда от нее нет.

Н. Ручкина



КОЛПАКОВА НАТАЛЬЯ

Мечта о единороге

Татьяна Левченко

Каждое утро один и тот же сон. Чех под куполом на трапеции. Зал внизу — как опрокинутый колокол. По кругу скачет белоснежный конь, на голове султан из страусовых перьев. А может, не конь — единорог на арене. Униформист щелкает шамберьером, белый красавец бежит все быстрее. Надо вниз... Скорей, успеть шепнуть заветное желание. Карабин отстегнут, стальной канат жжет ладони — вниз. Туго, до медного звона, натянута центральная лонжа. Быстрее, пока единорог не исчез. Жжет нестерпимо — и лонжа вырывается из рук. «Сетку!» — кричат из кулисы. Гул толпы. Миг свободного полета. Батут в стороне, красный ковер манежа взрывается алыми брызгами. Единорога нет. Мохнатое чудовище водит рогатой головой и исчезает во мраке.

Будильник в телефоне заиграл туш. «Оп-ля!» — ответил Чех и привычным рывком сел в кровати. Поврежденная нога в ответ тихо заныла. В сонном полумраке думалось о плохом. Если в ближайшие месяцы не найти денег, операцию делать станет поздно и о номере под куполом придется забыть. Ничего другого он в жизни не хотел. Из тридцати лет — двадцать пять на манеже. Была б квартира — честно, продал бы. Но нет ни квартиры, ни пальм, ни закатов. Только эта каморка в общежитии у Нового рынка. На починке реквизита для своих, таких же нищих актеров много не соберешь. А для номера с животными опять нужны деньги...

Чех отбросил дурные мысли и, разминая ногу, подошел к окну. Несмотря на ранний час, в цирке напротив загорались окна. Вспыхнуло окно гримерной Саламандры. Черт-черт-черт! Сегодня ж отдавать долг.

Ему было четыре года, когда в трупле шапито появился Саламандра. Чех заворуженно смотрел, как факир глотает огонь, как поднимается по лестнице из острых лезвий, на лету рассекающих бумагу.

Родители работали номер с лошадьми. С белыми лошадьми. В память врезалось навсегда, как в их вагончик пришли люди в форме, с огромной овчаркой, перевернули все вверх дном и надели наручники на отца. Овчарка рвалась с поводка, но мальчик бесстрашно подошел к собаке, и та легла перед ним, доверчиво перевернувшись на спину.

Родителей все равно увели. Ревущего пацана нашел Саламандра.

— Их уже не вернуть, — жестко сказал факир, и у мальчика сразу высохли слезы. — Но мы с тобой уедем, и ты станешь лучшим дрессировщиком всех времен. Слоны, львы, тигры, медведи и пантеры — все будут слушаться тебя.

— И единорог? — Это было заветной мечтой детства.

— Конечно, — подумав, кивнул факир.

— Тогда я согласен!

Забарабанили в дверь. Факир развернул шелковую ширму с драконами и цветами, взял мальчика на руки...

— Закрой глаза и ни о чем не думай.

Что потом произошло, Чех не помнил. Много раз пытался разговорить Саламандру, но факир так и не рассказал, как удалось бежать и кто забрал родителей.



ФАНТАСТИКА

— Бандиты с оружием, просто бандиты.

Дело было в чешской Остраве, отсюда и прозвище. Чех плохо помнил город детства. Моравский диалект, смесь польского и чешского, понимал, а говорить давно разучился.

Пританцовывая, чтобы скрыть хромоту, Чех прошел коридором и толкнул дверь гримерной Саламандры. Ассистент факира по прозвищу Питон загородил проем:

— Тебе чего?

— Сотню отдать.

Питон протянул руку.

— Э, нет! Сам брал — сам отдам.

— Он в стельку. Директор сказал, что попрут из цирка, если к представлению не очухается.

— И что?

— Выпил еще...

— Растворай его. Третий день пошел. Такого не бывало.

Чех мимо Питона протиснулся в комнату. Как всегда, удивила разница между волшебником-факиром в манеже и маленьким человечком, по-детски калачиком свернувшимся на продавленном диване.

Саламандра во сне сопел и хлопотал губами. Рядом на полу валялась китайская ширма из реквизита — та самая, что запомнил с детства, — и пустые бутылки.

— Ширму помяли, а мы без нее в манеж не выходим. Конь в кулисе опрокинул да еще потоптался. Саламандра велел мне поправить, только на ней ведь живого места нет, одна труха. Вот он и запил.

— Я бы починил в счет долга. Но трогать чужой реквизит, сам знаешь, примета плохая. Если Саламандра разрешит...

Питон замылся, потом махнул рукой:

— Я сотню старику отдам — ты только почини. И вторую сверху, чтоб ни гу-гу. Идет?

— По рукам!

Ладошка у Питона была пухлая и влажная.

— Чех, ты ведь яркий, артистичный. Почему тебе не устроиться в театр? Цирк — это же только тело, а в театре человек на первом месте. И выгоды больше.

— Не хочу. Цирк честнее. В него проще верить. Настоящий балаган, а не придуманная жизнь.

Чех спустился в мастерскую и рассмотрел поврежденную ширму. Рассохшийся деревянный каркас лопнул, медные петли выскочили из гнезд. Средняя створка от удара копытом расплзлась в лохмотья. Вещи лет двести, не меньше. Фантастические птицы, похожие на птеродактилей. Резьба по красному дереву, инкрустация из цветных камней... Вдохнул — если починить да с умом продать, с лихвой хватило бы на операцию.

Он разгладил и осторожно свел неровные края шелковой ткани. Повозившись с лаком и клеем, восстановил полотно

так, что разрыв стал незаметен. А вот с креплением вышла загвоздка. Ширма складывалась домиком в обе стороны. Где же изнанка?

Шелк был необычным. Если смотреть с одной стороны, то все видно, а перевернешь — глухо. Чех поднес ширму к подвальному окну и глянул на просвет. Вдоль Торговой улицы стояли конные пролетки с высокими деревянными колесами, на облучках сидели ряженные мужики. Прохожие как под копирку — мужчины в глухих черных костюмах, женщины в шляпках и платьях до пят. Реклама нового представления? Что-то он об этом не слышал. Глянул выше и обомлел — рынок, после ремонта покрашенный светлой краской, снова оказался краснокирпичным. Странное кино... Чех отодвинул ширму, глянул в окно. Никаких телег, обычные пешеходы. Улица плотно заставлена машинами. А через ширму снова... Да! Он коснулся ткани. Картинка сдвинулась, пролетки встали по-другому. Словно встроен планшет. И рука проходит свободно, будто погружаясь в омут.

Чех замотал головой, стряхивая наваждение, как собака воду. Он все еще верил в цирковой фокус. Поставил ширму на пол и тщательно осмотрел — ничего. А раз так... зажмурился и сунул голову насквозь. Вместо ожидаемого треска материи — тишина, головой он проткнул тонкую пленку, словно свиную череву для колбасы. Раскрыл глаза. Комната такая же, но с другой мебелью. Вкусно пахло селедкой. Крупно нарезанные куски лежали в тарелке под кольцами лука, рядом ломти ржаного хлеба и хрустальный штоф с рюмкой. Раздались шаги, кто-то спускался по лестнице за дверью. Чех подался назад, вытягивая голову из пленки, стянувшейся вокруг шеи.

Ширма осталась без повреждений. Это что угодно, только не фокус.

По крайней мере, с той стороны тоже цирк. Еще раз просунул голову — никого. Тогда из ящика с инструментом выудил старый клоунский нос на резинке, повесил на шею и, как был, в «рваных» джинсах и растянутом свитере, плечом вперед шагнул сквозь ткань. Уфф! В этой комнате чуть прохладнее и темнее — не хватало лампочки под потолок. Ширму на всякий случай сложил и спрятал за массивный шкаф.

По запотевшему штофу скатилась хрустальная слеза. Чех соорудил бутерброд, налил полную рюмку, принялся, разом опрокинул и захрустел сладким луком.

Родные, но какие-то непривычные коридоры вывели из кулис к арене. Мимо пробежали незнакомые цирковые. Во всю стену висела цветная афиша:

ГОЛОВОКРУЖИТЕЛЬНАЯ НОМЕРА ГИМНАСТКИ КАТЕРИНЫ ВИЛЬЯМЪ

КАЖДЫЙ ВЕЧЕРЬ ВЪ МАНЕЖ

Чех обогнул занавес и стал сбоку артистического выхода. На подкидной доске, без страховки, гимнастка готовилась к прыжку. За ее спиной четверо униформистов держали слона. Второй слон, отбивающий, стоял напротив. Дрессировщик выкрикивал указания. Пассировщик щелкал семечки и скучал у барьера.

— Брось семечки, сборов не будет! — рявкнул дрессировщик, но тот не послушал.

Берейтор дернул тросом ногу отбивающего слона, тот обрушился на подкидную доску. Девушка-гимнастка взлетела, прокрутила назад тройное сальто и, балансируя, приземлилась на панно — плоское волосяное седло на спине слона. Она раскинула руки, приветствуя воображаемых зрителей... Вдруг слон под ней встал на задние ноги

и сбросил ее со спины. Пассировщик рассыпал семечки, но успел к месту «прихода», поймал девушку и даже сам устоял. А вот слон не успокоился и резко дернул ногой, за которую был привязан. Канат лопнул, великан пошел куролесить по манежу. Подкидную доску опрокинул, тумбу растоптал, собрал баррикаду из матов. Манеж сразу оказался очень маленьким, а слон — огромным. Второго великана к тому времени уже загнали в кулису. Униформа разбежалась, дрессировщик не рисковал приближаться к разъяренному животному и только оборонялся пикой.

Гимнастка кинулась к выходу, но взбесившийся слон успел первым. Он сорвал хоботом тяжеленный занавес — форг и, размахивая им, как тореадор мулетой, направился прямо на нее... и остановился.

Между девушкой и серой тушей стоял Чех. Наклонив голову набок, слон ждал. Чех тоже ждал, костеря себя за то, что оказался в неподходящее время в неподходящем месте. Одним движением слон может проломить голову. Но слон не сделал этого движения. Чутьем Чех понял, что надо поднять руку и погладить слона по щеке. И что за это ничего не будет. Он так и сделал. Слон успокоился, закинул за спину форг. Осмелевшая униформа окружила и увела махину в кулисы.

— Что ж вы, мать вашу, за фаберже его не привязали? — со злостью выругался Чех.

— Так то ж баба! — Дрессировщик нервно рассмеялся. — Машкой зовут. Ухажера другому цирку продали, вот и тоскует, сердешная. Ловко ты с ней! Сам кто таков, новый коверный? — Дрессировщик ткнул стеком в клоунский нос, протянул руку. — Я Лео Мари, ну или просто Леня. А поступление в труппу надо обмыть. — И умчался следом за униформой.

Гимнастка глянула на Чеха и смущенно улыбнулась.

— Какой необычный сценический костюм!

— Ага. Хотите, угадаю, кто вы? Катерина Вильям.

— Просто Катя. А вы ели лук! — И засмеялась легко, словно и не было слетевшего с катушек слона. — Вы на коверного совсем не похожи.

— Я... — Чех глянул на свой клоунский нос, потом — на порванный канат и ляпнул первое, что пришло на ум. — Я канаты продаю. С вашим директором можно поговорить?

— Что вы! В таком виде? Дайте хоть брюки зашью. И не отказывайтесь — вы мой спаситель.

— Не люблю, когда женщины манипулируют, — проворчал Чех, но с явной охотой пошел за Катей.

Пока девушка аккуратно зашивала модную дыру на джинсах, Чех узнал, что Кате двадцать лет, что она почти сирота. Мама нет уже давно, а отец работает антрепризу и появляется редко. Рассказала даже, что дрессировщик Лео Мари уже два раза звал замуж. И сам Чех рассказал — как «подхватил насморк», то есть сорвался с трапеции. Катя сказала, что по делам нужно обращаться не к директору, а к арендатору цирка Шуману, но он будет только завтра. Время бежало быстро, и с дикой тоской Чех понял, что скоро придется возвращаться в свой цирк. И что он все отдаст, чтобы увидеть Катю снова.

Он попрощался, но уже вдогонку Катя спросила:

— А какой номер вы хотели бы работать?

Чех вспомнил сон:

— Вольтижировку на единорогах! Только их не существует, а жаль... — И, не оглядываясь, понуро направился к выходу. По черной лестнице спустился в мастерскую. Развернул ширму. Страшно? Еще как! Зажмурился — и перешагнул раму с обратной стороны... Сработало — он

снова оказался в знакомой мастерской. Теперь очень хотелось пошептаться с Питоном.

— Ты куда пропал? — Питон с завистью рассматривал испорченную ширму. — Я заходил уже — ни тебя, ни этой штуковины. Мы так не договаривались.

— Откуда ширма?

— Узнал, значит. Чего уж, расскажу. Хотя я сам в подробности не лез. Саламандре она досталась от отца, а тому — от деда. Вещь хоть и стоящая, но в будущее от нас — никак, только назад. Саламандра ищет с ней номера старых факиров, тырит, восстанавливает, потом выдает за свои. Так и живем.

— Вот как он «лестницу из сабель» Лонго повторил!

— Ага. Слышь, ты только не говори, что сам починил ширму. Ты слово дал, помнишь? Он мне поручил.

— Да помню, угомонись. Ты сам бывал в прошлом?

— Только раз, в тыща семьсот каком-то году, тогда еще и циркачей настоящих не было. Так, бродячие труппы. Я все думал, что можно подзаработать, но стремно одному. Вот если бы за ихнее золото в восемнадцатый век продавать всякую экзотику. Картошку, например, помидоры, кукурузу...

— Смешной ты, Питон. Тех людей картошку есть не заставишь. Да еще за золото. Но идея хороша. — Чех задумался. — Ведь я могу вернуться в свое прошлое и не упасть. Могу?

— Да можешь. — Питон лениво почесал щеку. — Только ничего хорошего не выйдет. Вон Саламандра сколько раз пытался прошлое переиграть, и раз за разом выходило хуже... Чех, а зачем ты джинсы зашил?

— Не твое дело. Что именно он хотел переиграть?

Питон замялся, и Чех не стал спрашивать дальше. У него уже крутилась идея.

— Если с ширмой поможешь, возьму в долю за четверть прибыли.

— Половину!

— Сказать Саламандре, как ты машину времени сторожишь?

— Ладно, согласен. Выкладывай.

— Я не картошку буду продавать, а цирковое снаряжение. За золотые царские червонцы.

Питон присвистнул, подумал и согласился.

В Интернете Чех долго искал хоть что-нибудь про Катерину Вильям. Только, кроме повторявшейся короткой заметки, ничего не нашел. И не знал, хорошо это или плохо. Он прекрасно представлял опасности цирка. Ремонтируя реквизит, научился разбираться, какие материалы лучшие. В следующий раз, когда удалось взять ширму, кое-что прихватил с собой.

Немец Шуман, арендатор цирка, свысока смотрел и на артистов, и на купцов. Цирковые относились к нему подобострастно, словно к барину. Напрямую арендатор дел не вел, только через пана Калетинского — бывшего борца, ставшего при Шумане управляющим. Но потом удивился и снизошел. Трогал корд-де-волан — канат для упражнений, долго с любопытством рассматривал универсальную лонжу и чертежи потолочных подвесок. Небрежно бросил:

— Вот что, босяк: принесешь сотню аршинов такой пеньки. Об остальном потом поговорим.

Чех едва сдержался, чтоб не ответить на «босяка».

— Спасибо много, а пара копеек — в самый раз, — заметил ехидно.



ФАНТАСТИКА

— Калетинский, выдай три червонца.

Внутри закипало, как только вспоминал «босяка». Он понял, какую роль в то время играла внешность — прическа, манеры, одежда. В джинсах больше не появлялся. Знакомый театральный костюмер, якобы для номера, подобрал пиджачную тройку по моде столетней давности и странные матерчатые туфли, в которых не советовал ходить по улице. Научил завязывать галстук — галстук! — пышным узлом и зачесывать волосы с бриолином. Чех обзавелся почти серебряным портсигаром, пузатым карманным «брегетом» на толстой цепочке, изящной тростью с набалдашником и немного потертым кожаным баулом, по виду мало отличающимся от современного. Отношение Шумана сразу изменилось, когда увидел Чеха одетым «как полагается».

Чех перенес туда прочные синтетические канаты, страховочные приспособы, лекарства для людей и животных и много чего еще. Канат пришлось обкрутить вокруг тела — ширма почему-то не пропускала отдельно. Пресловутый «закон бабочки» был нарушен многократно, золотые червонцы аккуратными столбиками росли в шкафу. Однако на самом деле он понимал, что ходит сквозь ширму только ради Кати.

Он давно подбирал слова, но сам их боялся. Как сказать, что живешь в другом времени? После череды путешествий сквозь ширму он уже и сам не понимал, что такое время. Но еще страшнее — как сказать Кате, что любит и хочет забрать с собой. В мечтах она почти всегда соглашалась. В реальности только перешли на «ты». Год, в который перемещался, Чех разузнал давно — тысяча девятьсот шестнадцатый. И это было еще одной причиной, почему он хотел забрать оттуда Катю как можно быстрее.

Однажды Катя сама спросила, где он живет. «В общаге», — чуть не ляпнул. Эх, Катя, Катя, хорошего же кавалера ты нашла.

— Очень далеко. Катя, я хочу... — Он собрался с духом: — Хочу, чтобы мы с тобой когда-нибудь там жили вместе.

— Это правда? — В глазах ее играла та же веселая отвага, что после «боя» со слоном. Не жеманство барышни позапрошлого века и не будничная простота современниц. В Катином взгляде Чеху мерещилось что-то неуловимо знакомое, родное. Будто эти глаза видел много раз. Она дотронулась до его рукава. Огоньки в глазах потухли, но не до конца. — Чех, я никого еще так сильно не ждала. Когда ты уходишь, мне страшно одной. Мне мало тебя даже теперь, когда ты рядом.

— Так ты что, согласна?

Чеху хотелось схватить ее в охапку, прижать, расцеловать... Но правила тут были другие.

Катя вполголоса сказала:

— Есть одна вещь, о которой я пока не могу рассказать. Я сама до конца ее не понимаю.

— Какая еще вещь?

— Не-а, не скажу! — И снова заиграли огоньки. — И цирк просто так не бросишь. Шуман покупает белых лошадей. Представляешь? Я его уговорила! Будет номер — колдун крадет принцессу, потом принц на белом единороге спускается прямо из-под купола и спасает ее. Ты же мечтал о единороге.

— Мечтал, — коротко ответил Чех. — Принцем, конечно, будет Лео Мари?

— Вот еще! — фыркнула Катя. — Уж принца я выберу сама. А потом Шуман хочет увезти нас на гастроли — далеко, в Канаду. Но пока это только слухи.

Чеху пора было уходить.

— Я не скоро вернусь, недели через три. Зато больше не буду хромать. Подожди...

Он торопливо обнял Катю и поцеловал. Возражений не было.

В коридоре поджидал Лео Мари.

— Слышь, босьяк, ты бы меньше шастал по чужим парадным. — Кивнул на Катину гримерку. — Узнаю, где ты живешь, доберусь!

Чех задумчиво улыбнулся и, словно насквозь, прошел мимо Лео Мари.

— Бывай, Леня!

Чех раскрыл ширму, прокручивая в голове разговор. Он так и не понял: согласилась ли Катя и если да, то на что? Он перешагнул в свое настоящее. В мастерской горел свет. Развалившись в кресле, Саламандра потягивал из горлышка коньяка.

— Вернулся, жулик! Ну что, еще не обрадовал девчонку? — Голос Саламандры гремел, Чех не успевал вставить слово. — Вот же дуреха нашла жениха! Мне не то обидно, что без спросу ширму берешь, — черт бы с ней, раз умеешь вертеться. Мне не нравится, что дочку с толку сбиваешь. Не такого голодранца-мужа ей хотел.

— Так ты Катин отец? Саламандра, сам подумай. Там скоро революция, гражданская война — и жизнь насмарку. Я почти не помню места, откуда ты вытащил меня пацаном. Но там тоже была война, и это засело во мне навсегда. Я не хочу, чтобы Катя такое пережила. Ее спасти надо.

— Не тебе о том переживать. Значит, так... — Рубанул по столу. — Ширму забираю. Питона выгоню к чертям, если вздумает мешаться под ногами. Про Катю больше не заикайся! Не то я тебе устрою веселую жизнь!

Чех разозлился:

— Ты, Саламандра, забыл цирковую примету: не считай деньги до представления! Посмотрим, чья возьмет.

— Посмотрим. — И факир унес ширму.

После операции нога еще болела, но хромать перестал. И даже отчаянье от разговора с Саламандрой постепенно притупилось. В цирк Чех вернулся, чувствуя себя победителем. Перехватил в кулисе Питона и попросил отвлечь Саламандру, чтобы добраться до ширмы. Питон от волнения хватал воздух и тряс головой. Капельки пота выступили на лбу.

— Саламандра с ширмы глаз не спускает.

— Так надо эти глаза отвести. Он пьет сейчас?

— Умеренно.

— Ну, тогда жди. Я шприцом накачаю в бутылку снотворное, а ты отдашь.

Питон скривил рот:

— Точно снотворное?

Чех подхватил грузного Питона, приподнял и легонько приложил к стене.

— Думай, что говоришь! Саламандра мне как отец.

Аптекарьша, услышав просьбу Чеха о «самом сильном снотворном», только покачала головой и долго переставляла пузырьки в белом шкафчике.

— Вот, возьмите. — Она протянула темную бутылочку без этикетки, но с длинным язычком-сигнатурой. — Это вам точно поможет.

В цирке погасли окна, в общаге затихли буйные головы. Чех отправился к Саламандре. Он рассчитывал на темноту и сонное пыхтение, но в комнате горел свет. Факира не было. Питон ехидно хмыкнул:

— Тебе вместо сонных капель слабительное продали. Так что Саламандра теперь в тубзике живет. Вот ширма — забирай и вали, пока я добрый.

В старом цирке все разговоры были о большом пассажирском лайнере, что уже три дня стоял в Карантинной гавани.

— Мы уезжаем, Чех, — грустно сказала Катя. — Сначала на гастроли, а там... там видно будет. В Петербурге мятеж, здесь тоже беспокойно. Говорят, германцы не топят корабли под канадским флагом. Может, повезет добраться. Через полтора месяца будем в Ванкувере, а дальше — кто знает. Лео Мари вчера снова сделал предложение. Знаешь, наверно, я соглашусь.

Чех слушал, не веря своим ушам.

— Но почему? Ведь я люблю тебя и вот сейчас, прямо здесь, сам делаю официальное предложение. Так у вас принято?

— Я знаю, откуда папа. — Катя невесело улыбнулась. — Пока была маленькой, мама не хотела, чтоб он забирал меня. А потом ширма двоих не потянула. Про тебя я почти сразу догадалась. Я тоже люблю тебя, но не хочу ломать жизнь. И давно не верю в единорогов.

За спиной раздался шаг. Чех оглянулся. В дверях стоял Лео Мари и разворачивал ширму.

— Черта лысого попрошу, только чтоб ты исчез отсюда. Давай, ныряй в свою ширму и забудь про Катерину навсегда!

Чех оглянулся в поисках подручного предмета, чем можно отмахнуться. Но комната была почти пустой. А противник приближался, медленно, предвкушая удовольствие от дешевой победы. Только ширма разделяла их сейчас. Воспользоваться которой — значит, больше никогда не увидеть Катю.

— Да что ж вы все накинулись на меня! — воскликнул Чех, вырвал из рук Лео Мари ширму и, как крышу кукольного домика, с силой опустил на того.

Раздался такой знакомый треск полотна. Голова дрессировщика сначала маячила над прорехой, потом деревянная рама ширмы хрустнула и развалилась. Фигура Лео Мари побледнела и растворилась в пыльном столбе света, падавшем через окно. Вскоре пропали и обломки.

Стоя на верхней палубе пассажирского корабля, Чех провожал взглядом город, который, быть может, он не увидит больше никогда. Проживает заново двадцатый век. Но не расстанется с мечтой когда-нибудь увидеть живого единорога. Он повернулся к Кате:

— Знаешь, почему нельзя слетать в будущее?

— Почему?

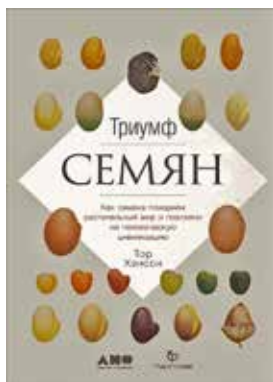
— Потому что его пока нет. Мы будущее делаем сами.



Тор Хэнсон

Триумф семян: Как семена покорили растительный мир и повлияли на человеческую цивилизацию

Перевод с английского:
Николай Майсурия, Анна Олефир
М.: Альпина нон-фикшн,
2018



Книга биолога и популяризатора науки Тора Хэнсона рассказывает об эволюции семян и их роли в развитии человеческих цивилизаций. Автор рассказывает о том, как ученые исследуют в угольных шахтах палеонтологическую летопись растительного мира, о влиянии пряностей на мировую торговлю, о том, как хлопок стал двигателем экономики, о роли кофе в развитии творческой мысли эпохи Просвещения. Ненавязчивый юмор и образный язык помогают автору говорить легко и интересно о самых сложных вопросах науки. Книга издана при поддержке фонда «Траектория».

Сай Монтгомери

Душа осьминога:
Тайны сознания удивительного существа
Перевод с английского:
Ирина Евстигнеева
М.: Альпина нон-фикшн,
2018.



Практикуя настоящую «журналистику погружения», от Аквариума Новой Англии до вод Французской Полинезии и Мексиканского залива, известный автор-натуралист Сай Монтгомери подружилась с несколькими осьминогами — нежной Афиной, напористой Октавией, любопытной Кали, жизнерадостной Кармой. Осьминоги проявляют свой интеллект множеством способов: убегают из «суперзащищенных» аквариумов, воруют еду, играют в мяч, разгадывают головоломки. Монтгомери исследует эмоциональный и физический мир этих животных, удивительные отношения, складывающиеся между ними и людьми. Временами смешная, временами глубокая и трогательная, книга рассказывает нам об удивительном контакте двух очень разных видов разума.

Чарльз Уолфорт, Аманда Хендрикс

За пределами Земли: В поисках нового дома в Солнечной системе
Перевод с английского:
Андрей Зуев
М.: Альпина нон-фикшн,
2018



«Однажды люди научатся жить на Титане, самом крупном спутнике Сатурна». Так начинается книга «За пределами Земли», написанная планетологом Амандой Хендрикс и научным журналистом Чарльзом Уолфортом. Не на Марсе, а именно на Титане, с его плотной атмосферой, щадящим климатом и неисчерпаемыми запасами топлива и воды, возможно создание автономной колонии. Аргументируя свою точку зрения, авторы показывают не только заманчивые перспективы, но и болевые точки государственного и коммерческого освоения космоса, политические, бюрократические и научные проблемы, которые препятствуют покорению иных миров.

АНО
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН



КНИГИ

Люди мира.
Русское научное зарубежье
**Под редакцией
Дмитрия Баюка**
М.: Альпина нон-фикшн,
2018



Перипетии XX века заставили сотни тысяч наших соотечественников покинуть родину. Но эта книга не просто об эмиграции — она о российских ученых и инженерах, реализовавших свои таланты за рубежом. Среди ее героев и те, кто совершил свои открытия еще до революции 1917 года, и те, кого принято относить к первой волне эмиграции, и те, кто начал постоянно работать в иностранных научных организациях во время войны, и наши современники. Над книгой работали: Александр Аллахвердян, Дмитрий Баюк, Андрей Ваганов, Геннадий Горелик, Владимир Губайловский, Елена Зайцева (Баум), Ольга Орлова, Ирина Пономарева, Антон Первущин, Тим Скоренко, Сергей Ястребов. Книга издана при поддержке «Книжных проектов Дмитрия Зимина».

Питер Франкопан

Первый крестовый поход:
Зов с Востока
Перевод с английского:
Михаил Витебский.
М.: Альпина нон-фикшн,
2018



Первый крестовый поход — величайшее событие Средневековья, изменившее историю Европы и стран Востока. Принято считать, что он начался по призыву папы Урбана II, когда тысячи рыцарей оправились отвоевывать Святую землю у мусульман. Но что, если на самом деле инициатива исходила вовсе не из Рима? Опираясь на малоизученные источники, британский историк Питер Франкопан предлагает свой взгляд на эти события. Истинным вдохновителем и организатором Первого крестового похода он считает византийского императора Алексея I Комнина, талантливого дипломата, чудом удержавшегося на троне, но при этом сумевшего поставить военные ресурсы Европы себе на службу.

**Подробности см. на сайте
издательства www.nonfiction.ru.**



Художник Кристофер Виант

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Китай зазеленел

Даже далекие от экологии люди в курсе, что с лесами на Земле творится неладное и нужно сажать деревья, пока не стало поздно. Китай взялся за дело энергично: с 2013 года в 26 китайских провинциях восстановлено 27,8 млн гектаров леса. Авторы статьи в свежем номере «Nature Sustainability» (2018, 1, 44–50, doi: 10.1038/s41893-017-0004-x) сообщают, что успехи уже видны на спутниковых снимках. Зазеленел, например, Юго-Западный Китай (провинции Гуйчжоу, Гуанси и Юньнань), где многие ландшафты сильно пострадали от эрозии почв и опустынивания.

Авторы отмечают, что крупномасштабные государственные проекты, такие как «Grain for Green», начатый в 1999 году, оправдают себя лишь в том случае, если смогут изменить свойства экосистем в глобальных масштабах. В этой программе 80% посадок приходилось на экологический лес (ценный именно в качестве леса, возможно, источник древесины, но строго по квотам), 20% — на экономический (сады и другие деревья, приносящие пользу). Предполагалось, что это программа скомпенсирует последствия землепользования эпохи Мао Цзедуна — в эпоху Большого скачка об экологии мало кто думал, — а также 1960—1970-х годов, когда распашка земли усилила эрозию.

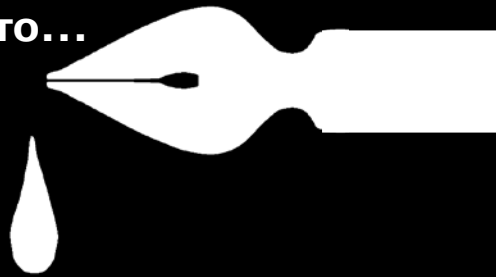
Авторы статьи использовали независимые методы, которые дали хорошо согласующиеся результаты. По спутниковым данным 1982—2015 года оценили площадь растительного покрова на квадратный метр, а по другим данным, собранным с 1992 по 2012 год, — углеродную биомассу растений. Расчеты авторов, что после реализации «Grain for Green» Юго-Западный Китай (точнее, его растительность) стал активно накапливать углерод. С другой стороны, по тем же спутниковым данным, вокруг растущих городов ситуация с растительностью ухудшается. Для ученых это хорошо — значит, метод работает, — а само по себе, конечно, печально.

Два других метода — динамическое моделирование экосистем, которое позволило сравнить существующую ситуацию с тем, что происходило бы, если бы деревьев не сажали, и анализ количества гектаров, на которых производили посадки в разные годы (чтобы подтвердить, что лес вырос не сам по себе, а благодаря человеческим усилиям). Стало заметно, что ситуация с лесами в Китае куда лучше, чем в сопредельных Лаосе, Вьетнаме и Мьянме.

Об окончательном успехе говорить рано. Например, не были получены данные о том, как изменилась ситуация с эрозией почв, иными словами, достигнута ли одна из главных целей проекта. Со спутника невозможно оценить биоразнообразие новых лесов (а на Земле видно, что посажены в основном быстрорастущие монокультуры, уязвимые для вредителей). И все равно приятно читать такие новости. Если не сидеть сложа руки в ожидании апокалипсиса — у человечества есть шанс.

Е. Сизикова

Пишут, что...



...особенность атмосферы Марса — присутствие пылевых частиц в широком диапазоне высот, а если учесть наличие ионосферы и высокой проводимости среды на низких высотах, то плазменно-пылевые эффекты должны быть обычным явлением («Физика плазмы», 2017, 43, 12, 1010—1017)...

...машины оригами, по размеру сравнимые с клетками, из «бумаги» атомарной толщины, состоящей из графена и нанометрового слоя стекла, меняют форму в доли секунды, переносят грузы и могут быть изготовлены в больших количествах («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2018, 115, 3, 466—470, doi: 10.1073 / pnas.1712889115)...

...составлен почти полный список существующих методов секвенирования в формате электронной энциклопедии; он доступен по ссылке <http://enseqlopedia.com/enseqlopedia/> («Nature Methods», 2018, 15, 7—8, doi:10.1038/nmeth.4558)...

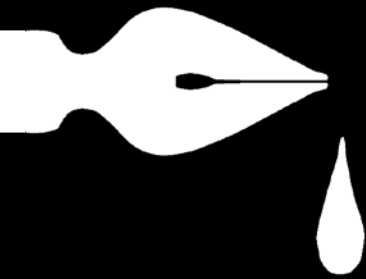
...новый эффективный метод жидкостной биопсии — простой анализ крови под названием CancerSEEK — позволяет выявить восемь различных видов рака; тест определяет уровни 8 белков в крови и мутации в 16 генах («Science», 2018, doi: 10.1126/science.aar3247)...

...описана технология быстрого прототипирования индивидуальных сердечно-сосудистых имплантатов с помощью 3D-печати («Nature Biomedical Engineering», 2018, 2, 8—16, doi:10.1038/s41551-017-0180-z)...

...при исследовании нервных клеток мозжечка молодых крыс показано, что снижение наружной концентрации ионов хлора приводит к уменьшению внешних натриевых токов на 85—100%; эффект обратим при обработке клеток стандартным физиологическим раствором («Доклады Академии наук», 2017, 477, 4, 493—495)...

...результаты обследования почти 70 000 новорожденных свидетельствуют о преобладании младенцев женского пола среди носителей робертсоновских транслокаций, приводящих к нарушению фертильности у женщин и стерильности у мужчин («Генетика», 2017, 53, 12, 1444—1452)...

...предложен подход для наблюдения *in vivo* за взаимодействием клеток иммунной системы по типу «kiss-and-run»; технология, получившая название «Labelling Immune Partnerships by Surface Tagging Intercellular Contacts» (LIPSTIC), успешно опробована на взаимодействии между дендритными клетками и CD4+ T-клетками («Nature», 2018, doi:10.1038/nature25442)...



...электронная кожа, оснащенная дополнительными рецепторами, поможет людям ориентироваться в дополненной реальности, например осязая магнитные поля и невидимые объекты («Science Advances», 2018, 4, 1, doi: 10.1126/sciadv.aao2623)...

...предложен двухуровневый — посимвольный и пословный — метод морфологической разметки текста на основе глубоких нейронных сетей, результаты применения которого — лучшие на сегодняшний день для машинного обучения русскому языку с использованием только корпусной информации («Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ», 2017, 6, 6, 555—562)...

...на портале Национального банка-депозитария живых систем (<https://plant.depo.msu.ru/>) выложены в формате JPG изображения 781 882 образцов растений и мхов из гербария МГУ, для каждого из которых есть уникальный идентификатор, номенклатура и привязка к географическим районам («Известия РАН. Серия биологическая», 2017, 6, 610—616)...

...впервые для изучения активности животных, ведущих подземный образ жизни, использованы портативные диктофоны; методика, апробированная на слепышах, позволяет составить расписание передвижения по норам, а также выявить среди системы нор нежилые («Зоологический журнал», 2017, 96, 12, 1482—1488)...

...превращение пчелиной семьи в эволюционирующую биологическую единицу обеспечили акустические сигналы, сопровождающие их жизнедеятельность, в частности пение маток и призывы сигнальщиков («Успехи современной биологии», 2017, 137, 6, 593—604)...

...бонобо предпочитают персонажей, которые не стремятся помогать другому, а ведут себя безразлично или эгоистично, возможно, потому, что такое поведение ассоциировано с высоким статусом («Current Biology», 2017, doi: 10.1016/j.cub.2017.11.061)...

...несмотря на изменения количества и качества противогололедных реагентов, в почве придорожной полосы МКАД прогрессируют признаки солончакового процесса, в частности растет содержание подвижного натрия, кальция, хлора («Лесоведение», 2017, 6, 446—451)...

...британские серферы поглощают в десять раз больше прибрежной морской воды, чем контрольные группы граждан, и в их кишечнике втрое чаще встречаются резистентные к антибиотикам бактерии («Environment International», 2018, doi: 10.1016/j.envint.2017.11.003)...

Художник Л. В. Р. Венкебах



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Пение мыши

Все говорят об ультразвуковом общении дельфинов: ну как же — загадочные красивые существа, приматы моря, интересно, что у них за язык такой. Менее известно публике ультразвуковое пение мышей. Да и научных исследований не так много, и это странно, учитывая легкую доступность объекта по сравнению с дельфинами.

Ультразвуковая вокализация обыкновенной домашней мыши *Mus musculus* удивительно сложна, по некоторым характеристикам она напоминает пение птиц, и ее функции до сих пор не до конца понятны. Неясно даже, есть ли принципиальные отличия между ультразвуковыми песнями мыши и мыша: в одних экспериментах получалось, что вроде да, в других — нет. Возникла идея, что различие определяется не тем, кто поет, а тем, кто слушает.

Авторы очередного исследования (PLoS ONE, 2017, 12(12): e0188647, doi: 10.1371/journal.pone.0188647) взяли для эксперимента детенышей диких мышей, пойманных чаще на воле, в семи местах на территории кампуса Института этологии Конрада Лоренца (Вена, Австрия). Другие исследователи чаще использовали лабораторных животных, но мало ли, вдруг мышь, как и соловей, хуже поет в клетке. В эксперименте участвовали 20 самцов и 20 самок. Звуки фиксировали с помощью специального прибора, «слышащего» ультразвук. Оказалось, что пение имеет широкие индивидуальные вариации — количество УЗ-писков варьировало от 4 до 2083 за 10 минут, причем у 60% мышей насчитали менее 50 элементов, а за 500 перевалили единицы. Между полами особого различия найти не удалось, но оба пола вокализировали чаще и тоньше в присутствии особи противоположного пола. (Эту особу предъявляли в клетке, закрытой крышкой со стороны записывающего устройства, чтобы ее собственные звуки не нарушили статистику.) Самцы самцам пищали меньше, чем самкам, зато амплитуда, то есть громкость сигналов, обращенных к своему полу, была несколько выше. (Хотя авторы и допускают, что это артефакт, связанный с положением певца относительно другой мыши и заодно относительно микрофона.)

Что ж, все логично: привлекать звуками интереснее противоположный пол. В дальнейшем авторы собираются подробнее исследовать структуру и репертуар мышиних ультразвуков, возможно, в более натуралистичных условиях.

Е. Котина



Л.А.ГОЛУБЕВУ, Москва: *Заказать платный анализ воздуха в помещении в Москве несложно, такие услуги оказывает и СЭС, и другие организации, но если вы не знаете точно, откуда мерзкий запах, лучше заказать комплексный анализ, не на одно вещество, а на несколько.*

В.В.ЛОБАНОВУ, Тверь: *При гистологическом окрашивании тканей берлинской лазурью используют не сам краситель, а растворы гексацианоферрата (II) калия и соляной кислоты; берлинская лазурь при этом образуется в клетках, богатых железом; методика окрашивания называется «берлинская лазурь Перлса» в честь автора, патолога Макса Перлса (1843—1881).*

Н.Г.МАЙЕР, Санкт-Петербург: *Лечебный «фиалковый корень», упоминаемый в литературе XIX века, вовсе не фиалковый и не корень, так называли корневище некоторых видов ириса.*

Е.В.ПЕТРОВОЙ, Пермь: *Водоросли нори и ламинария — разные вещи; нори — японское название съедобных красных водорослей рода Porphyra (при этом они могут быть довольно зелеными), а ламинария, или морская капуста, — род бурых водорослей.*

Д.А.АФНАСЬЕВОЙ, Новосибирск: *Шерсть альпака считается гипоаллергенной, поскольку, в отличие от шерсти овец, не содержит ланолина, но, с другой стороны, ланолин удаляют и с овечьей шерсти, прежде чем прядь ее.*

Анне Агнес, электронная почта: *Самое мягкое народное средство для чистки изделий с рисунком чернью — опустить их на несколько часов в воду, где лежит нарезанный сырой картофель.*

В.В., электронная почта: *Присылать в редакцию материалы под названием «Эволюции нет?», так же бессмысленно, как и, например, «Солнце вращается вокруг Земли?»; все же XXI век на дворе...*

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: *Мы думаем о том, чтобы в следующем году повторить конкурс журналистских материалов из будущего; работы-победители недавнего конкурса будут опубликованы в ближайших номерах.*

От человеко-рыб к космитам

— Да, Ихтиандр — это моя гордость. При операции Ихтиандра трудность заключалась не только в технике. Я должен был изменить всю работу человеческого организма. Шесть обезьян погибло на предварительных опытах, прежде чем я добился цели и мог оперировать ребенка, не опасаясь за его жизнь.

Александр Беляев. Человек-амфибия

Людей издавна влекло стремление вырваться из плоскости земной поверхности — в небо, подобно птицам, в морскую глубину, подобно рыбам. Летать без специальных приспособлений не получалось, а вот почему бы не научиться дышать под водой, как рыбы? В 1909 году французский писатель Жан де ля Ир публикует роман «Человек, который может жить в воде». В том же году он был переведен на русский язык и печатался под названиями «Человек-рыба» и «Иктанер и Моззетта». Механизм преобразования дыхания человека прост:

«Оксус принял ребенка. Изобретенным им способом он привел его в каталепсическое состояние, вскрыл его тело и приспособил в нем бронхи и весь дыхательный аппарат молодой живой акулы, и два долгих года, минута за минутой, следил за ходом этой человеко-животной прививки. Двух лет и одного месяца преображенный ребенок обнаружил, что может безразлично жить как в воде, так и на суше, только бы его пребывание вне жидкой стихии не переходило предельного срока в сорок восемь часов».

Александр Беляев, написавший в 1928 году роман «Человек-амфибия», несомненно, был знаком с книгой де ля Ира. Даже имена главных героев — Ихтиандр и Иктанер — это разные варианты греческих слов, которые переводятся одинаково: человек-рыба.

Процесс дыхания в химическом отношении заключается в том, чтобы извлечь из внешнего пространства (из воздуха или воды) кислород, использовать его для биологического окисления органических веществ и вывести из организма ненужный углекислый газ. У рыб этот процесс осуществляется самыми разными способами: не только через жабры, но и через плавательный пузырь, желудок, кожу... Вариант использования жабр акулы, предложенный создателями Иктанера и Ихтиандра, вызывает множество вопросов, ибо реализовать подобное изменение в человеческом организме чрезвычайно трудно по ряду причин. Думается, шесть обезьян тут не обойтись... Впрочем, дело писателей-фантастов — обозначить проблему, а решать ее — задача ученых.

В романе японского писателя Абэ Кобо «Четвертый ледниковый период» (1959) изготовление человеко-рыб поставлено на конвейер. Но жабры им не переносятся от акул или других животных. Зачем? Ведь зародыш человека проходит в своем развитии и стадию рыбы с жабрами. Поэтому в романе развитие будущих ихтиандров направляют в нужную сторону, подавая строго определенные порции гормонов. (Простим автору некоторые вольности в описании эмбриогенеза.)

«В эволюционной теории существует важный закон, именуемый “законом соответствия”. Суть его в том, что изменение одного органа в живом организме неминуемо ведет к изменению других органов. Повторение развития вида в индивидуальном развитии есть не просто механическое копирование пройденного, а физическая необходимость, содержащая в себе все возможности для эволюции. Повторяется не все. Кровь, например, почти не меняется с самого начала. И повторяются в развитии зародыша только те органы, которые дают начало для образования новых, а сами затем исчезают. Зародыш свиньи проходит стадию передних почек. Передние почки у взрослого организма имеются только у угрей. У зародыша свиньи они отмирают без всякого видимого эффекта примерно через пять дней, а на их месте возникают средние почки. На первый взгляд передние почки — совершенно бесполезный этап, но, если их удалить, средние почки не образуются. Они же, в свою очередь, преобразуются в орган, на основе которого вырастают настоящие почки.

То же самое происходит и с жаберными складками. Ближайшая к голове половина перерождается в железу внутренней секреции, которая, в свою очередь, берет на себя функцию превращения остальной половины в легкие. Эта видоизмененная часть жаберной складки и становится органом, из которого возникают грудная железа и щитовидная железа.

Как-нибудь потом я покажу вам анатомические схемы. Вы увидите, что в некоторых органах, которые обыкновенно развиваются под влиянием гормонов переродившихся жаберных складок, имеют место определенные изменения. Самые характерные из этих изменений — исчезновение ряда желез с внешней секрецией: например, слезных, слюнных, потовых. Далее дегенерируют веки, выпадают голосовые связки. Да вот еще легкие у млекопитающих. Они не исчезают с появлением жабр. Бронхи деградируют и выходят отверстием в стенке пищевода, и легкие становятся чем-то вроде гипертрофированного плаватель-



ХИМИКИ И ЛИРИКИ

ного пузыря. Видимо, природа знает свое дело. Ведь подводным обитателям нет нужды ни в слезных, ни в слюнных железах».

А вот в повести Сергея Павлова «Акванавты» (1968, выходила также под названием «Океанавты») описан сложный, но вполне обратимый способ превращения в человеко-рыбу. Сначала в организм вводят различные препараты («ГДФ-19» и другие), под действием которых вырабатывается особый гормон – инкрет Буриана». Этот гормон помогает клеткам костного мозга заполнить костные пустоты лимфатической жидкостью, так что кости становятся практически несжимаемыми даже при очень больших давлениях воды в океанских глубинах. Непосредственно перед тем, как выходить в водную стихию, внутренние органы дыхания акванавта под давлением забивают специальным легочным наполнителем. И наконец:

«Давление нарастает и быстро и плавно. Непомерная тяжесть вдавливает живот. Еще и еще... Кожу покалывает. Жжет. Оболочка словно из крапивы. Все нормально: «прорастает» гидрокромбовый ворс. Сквозь кожные поры до кровеносных сосудов. Творцы оболочки инженеры-бионики использовали принцип действия крапивных стрекалец — сейчас это кажется делом простым. О том, как было сначала все очень трудно и сложно, знают немногие...

Сколько было споров, сомнений и даже человеческих жертв, пока не пришли окончательно к выводу: дышать в воде так, как привыкли, необязательно. И вот ошеломительный успех: на больших глубинах можно обойтись без легочного дыхания. «Дышит» вся оболочка: кислород из воды — в гидрокромбы и в кровь. Гидрокромбы — мост с двухсторонним движением: туда — кислород, обратно — углекислый газ. Нет, даже не мост. Правильней — жабры. Но лучше, чем у рыб. Совершенней.

Плотная, холодная тьма... Но мне тепло: в оболочке предусмотрена система обогрева — лабиринт молекулярных цепочек токопроводящего полимера».

В детективной повести Павла Багряка «Синие люди» (1972) комиссар Гард расследует дело о похищении детей. Ему удается установить, что исчезают дети определенной группы крови, с определенным микроучастком хромосомы. Этот участок, между прочим, отвечает за характер обмена веществ в организме, во

многом определяющий его энергетику и стойкость к биохимическим стрессам.

В результате расследования комиссар Гард находит сверхсекретную лабораторию, в которой из детей готовят уже не завоевателей океанов, а покорителей Марса! Генерал Дорон объясняет комиссару: «Мы пришли к выводу, что проще изменить структуру человеческого организма, чем изменять структуру планеты. Люди, прооперированные нами, способны жить в марсианских условиях без охранительной аппаратуры и скафандров. Собственно говоря, они уже сейчас так живут, ведь Купол — это точная копия Марса...» Как водится, те, кто смог обеспечить такую «переделку» детей, заявляют, что последствия их не интересовали: «Мы всего лишь ученые, и, когда нам говорят: сделайте так, чтобы люди могли жить при температуре минус сто градусов по Цельсию, обходиться без кислорода и выдерживать давление в шесть миллибар, для нас это чисто научная проблема!»

Комбинацию генетических преобразований для жизни под водой и освоения иных планет предложил Джеймс Блеш в превосходной повести «Поверхностное натяжение» (1952), входящей в цикл «Заселяя звезды», хотя идею он высказал еще раньше, в повести «Затонувшая вселенная» (1942).

Кеннет Балмер в романах «Город под морем» (1957) и «За серебряным небом» (1961) посвятил много места возможным последствиям адаптации людей к жизни в глубине морей. Современная же звезда научной фантастики — канадец Питер Уоттс в своем цикле «Рифтеры» описал специально созданных для существования на больших глубинах квазикиборгов, которые добывают энергию для мира на поверхности и все больше отдаляются от этого мира из-за своих психологических особенностей.

Постепенно приспособление живых существ к жизни в морских пучинах перекочевало из разряда фантастики в область научно-технических разработок (вспомним хотя бы нашу давнюю историю с таксой). Однако вряд ли это может умалить задачу покорения глубин, так точно сформулированную когда-то Александром Беляевым.

**Владимир Борисов,
Александр Лукашин**



Получите билет на
analitikaexpo.com

Организатор



+7 (499) 750-08-28
analitikaexpo@ite-expo.ru

Генеральный спонсор



Соорганизаторы

