

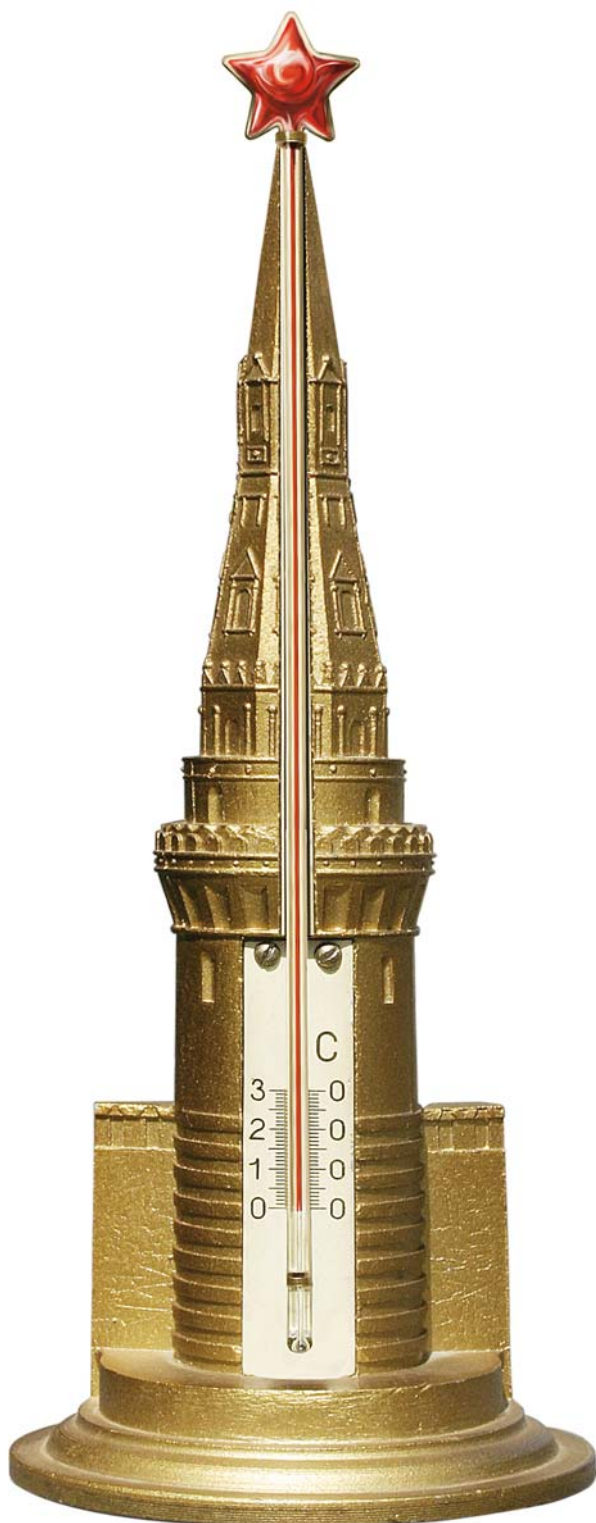


Ж

12

2012

НИЗ И ВЫШЕ







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

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

Редакторы и обозреватели

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

Технические рисунки

Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 30.11.2012

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

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

© АХО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Сэмюэля Бака «Групповой
портрет с голубым ангелом». Кое в
чем заменить человека могут и такие
вещи, которые совсем на него не по-
хожи. Читайте об этом в статье
«Человек на чипе».

*Ввиду краткости нашей жизни
мы не можем позволить себе
роскошь заниматься вопросами,
не обещающими новых результатов.*

Л.Д.Ландау

Содержание

Цикл Земли	
ПРИКОСНУТЬСЯ К МАНТИИ. Л.Викторова	2
Технологии	
ЧЕЛОВЕК НА ЧИПЕ. Л.Стрельникова	8
Проблемы и методы науки	
БИБЛИОТЕКА МОЗГА. Е.Клещенко	14
Образование	
ИНСТРУКТИВИЗМ И КОНСТРУКТИВИЗМ. Д.М.Жилин	24
Научный комментатор	
ТЕПЕРЬ-ТО МЫ ПОХУДЕЕМ? Н.Л.Резник	30
Проблемы и методы науки	
ЛЕПТИН — ОРУЖИЕ ПАРАЗИТА. Н.Л.Резник	33
Тематический поиск	
СЕЗОН ГРИППА. Е.Сутоцкая	34
Гипотезы	
НОВЫЕ СТРУКТУРЫ ВОДЫ — ЭМУЛОНЫ. А.Н.Смирнов	36
Дискуссии	
ЖИДКАЯ СТРУКТУРА. С.М.Комаров	40
Домашние заботы	
НАСОС ВМЕСТО НЕЙТРАЛИЗАТОРА. Н.А.Мискинова, Б.Н.Швилкин	44
Нанофантастика	
РЕПКА. Наталья Духина	45
Земля и ее обитатели	
НА СЕВЕРЕ ДАЛЬНЕМ. Григорий Панченко	46
Вопросы — ответы	
ПОЧЕМУ СИНЕЕТ ЧЕСНОК? Е.Котина	51
Земля и ее обитатели	
ПЯТИПОЛОСИК ТЯП. Н.А.Паравян	52
Что мы едим	
ЦИТРУСЫ. Н.Ручкина	54
Фантастика	
ВКАЛЫВАЮТ РОБОТЫ, СЧАСТЛИВ ЧЕЛОВЕК. Наталья Егорова, Сергей Байтеряков	56
Имена минералов	
А ЕЩЕ — ЗА ПРЕКРАСНЫХ ДАМ! И.А.Леенсон	64

КНИГИ	21	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	22	ПИШУТ, ЧТО...	62
ИНФОРМАЦИЯ	28, 61	ПЕРЕПИСКА	64



Прикоснуться к мантии

Л.Викторова

Вряд ли мы когда-нибудь узнаем, из чего состоит ядро Земли — добраться до него и отщипнуть кусочек для исследования невозможно. Но есть шанс прикоснуться к мантии, окутывающей ядро и отделяющей от него земную кору. Прошедшей осенью мир узнал о начале международного проекта «Mohole to Mantle» — бурении скважины на глубину шесть километров под дном океана. Это самый короткий путь к мантии: ближе всего она подходит именно к океаническому дну, местами на 5–6 км. Чтобы добуриться до мантии с континентов, придется пройти не один десяток километров. Причем пройти сквозь слою гранита и базальта, из которых, согласно современным представлениям, состоит земная кора. Под дном океана гранитного слоя нет, сразу начинается базальт. Если все пойдет по плану, то добраться до мантии ученые смогут уже в 2020 году.

Проект «Мохо»

В названии проекта «Mohole to Mantle» скрыта его предыстория. В 1909 году хорватский геофизик и сейсмолог Андрей Мохоровичич (1857—1936) обнаружил интересное явление: на определенной глубине земной коры резко возрастала скорость распространения упругих продольных сейсмических волн. Сейсмограмма неглубоких землетрясений давала два и более акустических сигнала: прямой и преломленный. Так была открыта и обозначена поверхность раздела между мантией и земной корой, переход от менее плотного слоя литосферы к более плотному с, очевидно, другим химическим составом и фазовым состоянием. Эта поверхность раздела, залегающая на глубине от 5 до 70 км, получила название «поверхность Мохоровичича» (или граница Мохо).

Первая попытка добуриться до границы Мохо была предпринята в 1961—1966 годах. Это был проект Национальной академии наук США, получивший финансирование от Национального научного фонда США. Идею высказали Уолтер Мунк, известный американский океанограф, и его коллега Гарри Гесс в 1957 году. Они-то и придумали название «Mohole», сложив Мохо (граница Мохо) и hole (дыра). Их главный аргумент — «науки о Земле дадут подсказки космическим программам» — сработал безошибочно: то было время, когда зарождалась космическая эра, а СССР наводил ужас на Америку своими первыми космическими спутниками.

Место для бурения выбрали в Тихом океане, неподалеку от вулканического острова Гуадалупе, к западу от Мексики, где до дна 3,5 км. Главный вопрос заключался в том, с чего бурить. Ведь тогда еще не было специальных буровых платформ, какими сегодня располагают нефтяные компании. К счастью, в 1956 году консорциум CUSS (Continental, Union, Superior and Shell Oil Companies) разработал первое судно для бурения в океане, которое надлежало испытать. По сути — специальную баржу военно-морского ведомства США, на которую загрузили тяжелейшее буровое оборудование, и назвали «CUSS 1». Это было едва ли не первое испытание будущих платформ для глубоководного бурения.

Первая фаза эксперимента (всего предполагалось три) продолжалась с 1961 по 1966 год. Было чрезвычайно трудно, особенно удерживать баржу на одном и том же месте в со-



ЦИКЛ ЗЕМЛИ

стоянии равновесия. Здесь помогли Военно-морские силы США, которые обеспечивали работу всей своей навигационной мощью, доступной в те годы. Невероятный энтузиазм исследователей помогал преодолевать трудности, тем более что общество с интересом следило, как развиваются события. Известный американский писатель Джон Стейнбек, океанограф-любитель, называл этот проект «первым прикосновением к новому миру» и регулярно писал репортажи в журнал «Лайф» с борта «CUSS 1»: «Первые образцы мягкие... Ядро размером 2,75 дюйма — это серо-зеленая глина возрастом 10—30 миллионов лет».

За пять лет исследователи пробурили пять скважин, собрали множество образцов из базальтового слоя, но до мантии не дошли — проект остановился на отметке 183 метра под дном. Второй его этап так и не начался. К этому моменту было уже потрачено 50 миллионов долларов. Национальный научный фонд признал результаты неудовлетворительными, а конгресс США посчитал расходы на этот проект неоправданными. Проект закрыли, и он остался в истории как первая попытка дотянуться до мантии через океан.

Организованное бурение

Но не только «Мохо» показал, что глубоководное бурение возможно в принципе и что для этого необходимо развивать соответствующие технологии и оборудование. Вот почему очень скоро, в июне 1966 года, Национальный научный фонд США открывает большую Программу глубоководного морского бурения DSDP (Deep Sea Drilling Program). А уже через два года в морскую экспедицию отправляется научно-исследовательский буровой корабль нового поколения «Гломар Челленджер» («Glomar Challenger») Скриппсовского океанографического института (Сан-Диего, Калифорния), созданный специально для этой программы. Образцы, собранные с его помощью, дали доказательства того, что континенты движутся, а морское дно в рифтовых зонах обновляется. Тогда же ученые предположили, что, видимо, морское дно значительно моложе нашей Земли, не старше 200 миллионов лет.

«Гломар Челленджер» успешно проработал до 1985 года. За эти годы он накрутил 376 тысяч миль, с его помощью были исследованы 624 точки в океане, поднято со дна 170 километров кернов, из которых 57% в качестве образцов отправили в лаборатории для научных исследований. С этого корабля удалось бурить морское дно под семикилометровой толщиной воды и углубиться в земную кору под дном на 1,7 км.

В 1985 году Национальный научный фонд США запускает следующую научную программу глубоководного бурения океана ODP (Ocean Drilling Program). Для нее уже готов исследовательский корабль третьего поколения — преемник отработавшего свое «Гломар». Он получил название «JOIDES Resolution», «JR» (Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling) в честь корабля «Resolution», на котором капитан Джеймс Кук совершил свое второе знаменитое путешествие по Тихому океану 200 лет назад.



www.jamstec.go.jp

Исследовательский буровой корабль «Тикю»: водоизмещение — 57 тысяч тонн, длина — 210 м, ширина — 38 м, высота борта — 16,2 м, высота вместе с буровой вышкой — 130 м, грузоподъемность лебедки — 1250 т. На этом корабле планируют пробурить скважину к мантии Земли

Результаты первой же экспедиции с его участием подтвердили, что еще 65 миллионов лет назад Гренландия, Канада и Западная Европа существовали в виде одного огромного континента. «JR» стал первым исследовательским кораблем, собравшим образцы породы рядом с черными курильщиками в Атлантическом океане.

Послужной список «JR» за 1985—2003 годы тоже впечатляет. Шесть с половиной тысяч дней он работал в океане, преодолел 356 тысяч миль, исследовал 669 точек в океане, поднял на борт 321,5 км кернов, 69% которых стали объектом исследования, пробурил 1797 скважин под дном океана, самая глубокая из которых — 2,11 км.

Однако каждая следующая сотня метров погружения в глубину тела Земли давалась все с большим трудом и требовала все больше денег. К началу восьмидесятых стало ясно, что исследовательское глубоководное бурение требует не только координации, но и объединения ресурсов, потому что страны уже не могут в одиночку осилить бюджеты амбициозных, но столь важных для человечества исследовательских проектов. Такой поворот событий касается не только наук о Земле. Большой адронный коллайдер в ЦЕРНе, международный термоядерный реактор ITER в Кадараше, исследования на Международной космической станции, проект «Геном человека» — все они стали возможны лишь благодаря международной кооперации ученых и объединению финансовых ресурсов.

Вот почему в 2003 году появляется Международная комплексная программа глубоководного бурения в океане IODP (The Integrated Ocean Drilling Program). В апреле Министерство образования, культуры, спорта, науки и технологий Японии и

Национальный научный фонд США подписали меморандум, в котором договорились совместно сформировать программу IODP и управлять ею. Вскоре к программе присоединился европейский консорциум ECORD (The European Consortium for Ocean Research Drilling), объединяющий сегодня 17 европейских стран и Канаду. В апреле 2004-го в качестве ассоциированного члена примкнул Китай, в 2006-м — Республика Корея, в 2008-м — Индия. Россия в этом списке не значится.

За декларацией последовала огромная организаторская работа. Были построены три крупнейших современных хранилища кернов в университете TAMU в Техасе (США), в Бременском университете (Германия) и в Университете Коти (Япония). Они доступны всем участникам программы для исследовательских и образовательных целей, как и научные публикации, базы данных и реестр экспедиций, номера которых давно уже перевалили за третью сотню.

Но главное — теперь сообщать можно планировать большие экспедиции с грандиозными целями. Именно таким стал проект «Mohole to Mantle», который стартует в октябре 2013 года и подготовка к которому уже началась.

«Открытие Земли»

Инициатором проекта бурения к мантии выступило Японское агентство науки и технологий по изучению морского дна JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology). Во-первых, потому, что Япония сегодня — крупнейшая морская страна с развитыми морскими технологиями, а во-вторых — исследование океанического дна жизненно важно для Японии, это ключ к решению многих ее проблем.

Япония объявила о большом комплексном проекте «Тикю Хаккэн» («Открытие Земли»). По заказу JAMSTEC японские компании «Mitsui Engineering & Shipbuilding» и «Mitsubishi Heavy Industries» построили специальный исследовательский

корабль «Тикио» («Земля»). И в июле 2005-го заказчик получил огромный, красивый, современный буровой корабль четвертого поколения (см. фото). На корабле есть вертолетная площадка, чтобы технические команды могли сменяться каждые две недели, научные лаборатории, в которых могут работать 50 научных сотрудников, и помещения для экипажа из 100 человек. Создание этого шедевра современного инженерного и технического искусства обошлось правительству Японии в 415 миллионов евро.

Не успел «Тикио» сойти на воду, как экспедиции следовали одна за другой. За эти семь лет по программе IODP «Тикио» поработал в 13 экспедициях, не считая пяти сугубо японских исследовательских проектов. Только один международный проект NanTroSEIZE (Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment), начавшийся в 2007 году, потребовал восемь раз выходить в океан на продолжительный срок, и до окончания еще год. Его цель — понять, как зарождаются землетрясения и цунами. Для этого исследователи бурят скважины под дном океана в так называемой зоне субдукции, где океаническая кора пододвигается под активную континентальную окраину и погружается в мантию. Именно в таких зонах происходит множество сильных землетрясений, здесь часто просыпаются вулканы и зарождаются мощные цунами.

Бурение происходит на юго-западном побережье Японии, как раз в Японско-Курильской-Камчатской зоне субдукции. Задача — пробурить 13 скважин разной глубины и установить различные сенсоры, чтобы следить за процессами, происходящими на глубине, ловить предвестников землетрясений и цунами, изучить механизм землетрясений. Здесь к концу января ожидается очередной рекорд глубоководного бурения — 3,6 км. Затем последует четвертая стадия проекта, когда бур должен будет проникнуть еще глубже, на самую кухню землетрясений.

Еще одно большое дело, в котором участвовал «Тикио», — это биосферный проект исследования угольных пластов, залегающих глубоко под дном океана на северном побережье острова Хонсю, вблизи полуострова Симокиита. В сентябре здесь уже поставлен рекорд — достигнута рекордная отметка под дном океана, 2,466 км. О том, как работал «Тикио» в этой экспедиции, снят впечатляющий документальный фильм, который можно посмотреть в Интернете (<http://www.jamstec.go.jp/chikuu/exr337/e/>). Словами этого не пересказать. Лучше один раз увидеть, как исследователи из разных стран мира просто бросаются к кернам, только что поднятым на палубу, нюхают их, трогают и чуть ли не пробуют на язык.

Благодаря этой экспедиции, завершившейся в сентябре 2012 года, собрано огромное количество образцов, исследование которых идет полным ходом. Ученые надеются найти в них разные формы микробной жизни, понять, как они участвуют в глобальном цикле углерода, где берут энергию и питательные вещества на такой большой глубине под землей, как производят природный газ. Вопросов очень много, и все они должны помочь нам лучше понять, как живет и функционирует подвижная и изменчивая система Земля, от которой зависят климат и жизнь на ее поверхности.

Так выглядит образец керна, поднятый из Кольской сверхглубокой скважины



<http://superdeep.pechenga.ru>

За прошедшие семь лет «Тикио» продемонстрировал свою уникальную работоспособность и мощь, устанавливая рекорд за рекордом. Именно этот исследовательский буровой корабль станет главным действующим лицом в проекте «Mohole to Mantle». Проект потребует много денег. И хотя правительство Японии уже вложило почти полмиллиарда евро в строительство корабля, еще как минимум миллиард потребуется на его обслуживание в течение предстоящего путешествия к мантии. Но эта задача решаема, если навалиться всем миром.

Подготовка уже началась. Сейчас исследователи выбирают наиболее подходящее место в океане. Суммарно «Тикио» может обеспечить глубину бурения 10 км. Если мы хотим углубиться в земную кору на 6 км, чтобы встретиться с мантией, то надо выбрать такое место в Тихом океане, где, во-первых, мантия подходит к земной коре на 6 км, а во-вторых, водная толща океана не превышает 4 км, лучше — еще поменьше. И если все получится, то в 2020 году мы получим уникальный образец — кусочек мантии Земли. Это все равно что получить в руки образец марсианского грунта. Дэмон Тигл (Damon Teagle) из Университета Саутгемптона в Великобритании, один из научных руководителей проекта, назвал его самой грандиозной задачей в истории наук о Земле.

Зачем это нужно?

Глубоководное бурение идет по всему миру. Если посмотреть на карту Мирового океана, то он весь усыпан точками, обозначающими места проникновения под его дно, концентрация которых возрастает к побережью. К началу XXI века количество скважин исчислялось десятками тысяч! Конечно, большинство из них — коммерческие, с их помощью ищут полезные ископаемые, нефть и газ. Однако исследовательское бурение преследует фундаментальные научные цели. Парадоксально, но строение нашей Галактики мы знаем лучше, чем строение Земли. Каждый кусочек керна, поднятый из глубин земной коры, может рассказать нам о многом. Например, о строении коры, которую мы представляем себе пока лишь на основе косвенных экспериментальных данных, прослушивая Землю с помощью разных излучений. Образцы кернов расскажут нам, как далеко простирается жизнь в глубь Земли, как микроорганизмы выживают в таких условиях, когда зародилась жизнь на Земле и многое другое.

Сверхглубокое бурение — это потрясающая интрига, это прямой научный эксперимент, который может дать поразительные, неожиданные, изумляющие результаты, они могут перевернуть наши представления о Земле. Не все, разумеется, но в какой-то части. Именно такие результаты первыми в мире получили советские исследователи на Кольской сверхглубокой скважине. О Кольской сверхглубокой, поднявшей в свое время престиж отечественной науки на невероятную высоту, написано очень много в Интернете, в журналах, в книгах. И тем не менее здесь уместно коротко вспомнить эту красивую и трагическую историю, хотя она связана с бурением на земле, а не в океане.

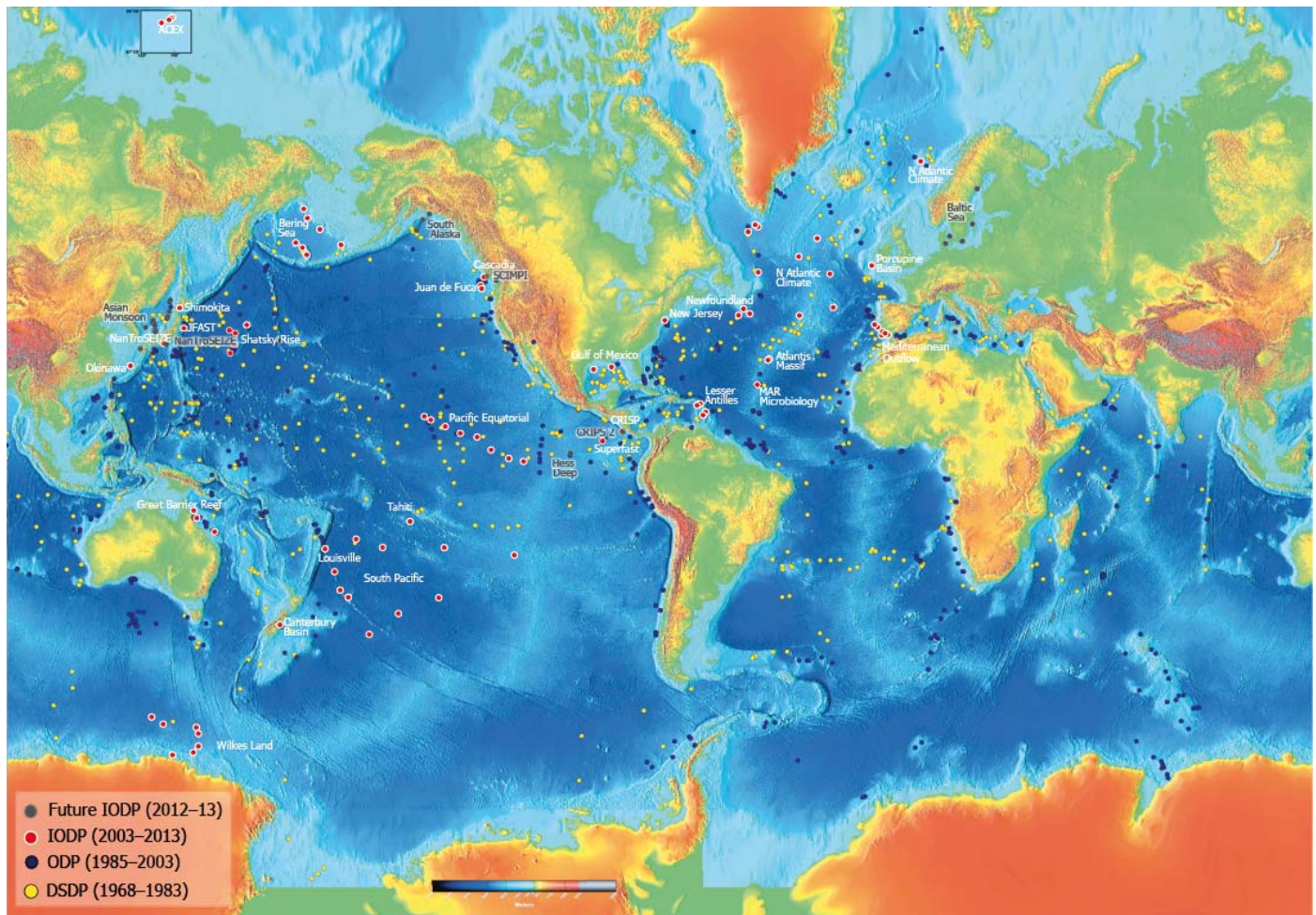
Самую глубокую в мире научно-исследовательскую скважину на континенте начали бурить в мае 1970 года, в честь 100-летия со дня рождения В.И.Ленина. Закончилось бурение на отметке 12,262 км в 1989 году. Для скважины выбрали место на северо-западе Кольского полуострова, в 10 км от города Заполярный, неподалеку от нашей границы с Норвегией. Здесь на поверхность Балтийского щита выходят древнейшие изверженные породы возрастом около трех миллиардов лет. В толщу именно таких пород пока еще никто не залезал, разве что максимум на один-два километра, бурили в основном осадочные породы. А кроме того, здесь находится так называемый печенегский прогиб, похожий на огромную чашу, как будто вдавленную в древние породы. Видимо, она образовалась в результате глубинного разлома, и именно здесь находятся крупные медно-никелевые месторождения.

Кольская сверхглубокая должна была ответить на множество вопросов: как происходит образование руд, где пролегают границы между слоями в континентальной коре, как меняется состав пород по мере продвижения в глубь земной коры и другие. Из ее недр с разных глубин подняты уникальные для науки материалы – керны породы суммарной длиной 4,4 км. Что же удалось узнать благодаря Кольской сверхглубокой? Как сказал в одном из выступлений министр геологии СССР (1975–1989), профессор Е.А.Козловский, каждый метр Кольской – это открытие. О результатах исследования уникальных кернов не раз рассказывал Д.М.Губерман, доктор технических наук, заслуженный геолог РСФСР, бессменный директор Кольской сверхглубокой, ушедший из жизни в октябре 2011 года.

Геологи предполагали, что до глубины 5 км залегает гранитная толща, за которой следуют более прочные и более древние базальтовые породы. Об этом говорили данные сейсмического зондирования. Однако на Кольской скважине, пройдя больше 12 км, так и не добились до базальта. Значит, послойное строение Земли — не догма? Этот фундаментальный вопрос требует дальнейших исследований.

Кроме того, оказалось, что на глубине более 7 км залегают не более плотные, а менее плотные и менее прочные породы, архейские гнейсы. На глубинах 9–12 км исследователи обнаружили высокопористые породы, насыщенные сильно минерализованными водами, — одно из главных действующих лиц в процессе образования руд. Прежде геологи полагали, что это происходит на значительно меньшей глубине. Но именно в кернах с глубины 9–12 км исследователи обнаружили повышенное содержание золота, до одного грамма на тонну

Исследовательское бурение дна океана происходит во множестве мест. На этой карте обозначены лишь точки, имеющие отношение к программе IODP (картинку лучшего качества смотрите в электронной версии журнала)



породы. В принципе такая концентрация уже пригодна для промышленной разработки. Хотя столь большая глубина вряд ли сделает этот процесс экономически целесообразным, хотя где-то эти породы выходят на поверхность Земли, надо искать. А вот наличие воды в порах породы на большой глубине — важнейшее прикладное знание, которое делает абсолютно нецелесообразным захоронение радиоактивных отходов в глубоких скважинах.

Приятную новость принесли керны с глубины 1,8 км. Здесь были найдены большие запасы медно-никелевых руд. Сегодня «Норникель» уже построил соответствующие шахты и начал добычу никеля на этой глубине.

Вообще, на сверхглубокой скважине работать сложно. Оказалось, что по мере углубления в Землю температура растет быстрее, чем было предсказано теоретически: на глубине 6 км градиент составил 20 градусов на каждый километр вместо обещанных 16-ти. На глубине 12 км температура составила 220 градусов – никто не ожидал, что будет так жарко. Исследователи считают, что у этого разогрева отчасти радиогенная природа. Тем не менее наши инженеры создали уникальное оборудование, включая исследовательские приборы, которые могли работать при столь высокой температуре. Вообще, на Кольской сверхглубокой использовали только отечественные машины и механизмы: турбобуры, легкие титановые трубы, механизмы и приборы, которые пришлось совершенствовать по мере работы. И это безусловное достижение

Неожиданным для исследователей оказался тот факт, что на больших глубинах, где нет осадочных пород, появился природный газ метан. Отчасти поэтому керны, быстро поднятые на поверхность, буквально рассыпались в руках. Конечно, свою роль играл и резкий перепад давлений. Однако газ, стремительно покидающий поры образца, может «взорвать» его.



*Кольская сверхглубокая скважина сегодня:
задраенное жерло на пустыре, засыпанном мусором*

Большое содержание метана на глубине — хорошая новость для тех, кто сегодня проводит уникальные эксперименты, подтверждающие возможность образования природного газа из минеральных компонентов. В самом деле, все необходимые компоненты — водород, железо, карбонаты, сильное сжатие — на глубине есть. Именно такие условия моделируют в своих экспериментах химики, получающие легкие углеводороды в установках высокого давления.

Очень важно для науки и то, что обнаружены 14 типов окаменелостей микроорганизмов на той глубине, на которой их не должно было бы быть, согласно принятым оценкам возраста жизни на Земле: возраст этих глубинных слоев превышал 2,8 миллиарда лет.

А вот еще один поразительный результат. Когда американцы доставили на Землю первые образцы лунного грунта, то оказалось, что по составу и свойствам они почти идентичны тем, которые подняли из скважины с глубины 3—4 км. Таким образом, предположение, что Земля и Луна некогда были одним целым, получило некоторое экспериментальное подтверждение.

В 1992 году правительство отказалось продолжать финансирование шахты. В 2008 году ее обанкротили, а потом задраили. Слава отечественной науки превратилась в прямом смысле в свалку. Сейчас она закрыта, хотя были планы пробурить до 15 км, точнее — так глубоко, как только окажется возможным. Но сегодня это государству почему-то не нужно. Хотя Кольская сверхглубокая по-прежнему остается самой глубокой вертикальной скважиной в мире.

Керны, которые были подняты из скважины, обеспечили работу исследователям на многие годы. Да и сейчас этот уникальный испытательный стенд мог бы давать ответы на очень важные вопросы, в том числе прикладные. Например — как ведет себя буровое и прочее оборудование на больших глубинах. А если в скважине установить сейсмодатчики и прочие сенсоры на разных глубинах, то, возможно, предсказание

разрушительных землетрясений стало бы более точным. Да мало ли что еще полезного можно было бы сделать в этой уникальной глубинной лаборатории! Организовать, например, научный, образовательный и туристический центр, открыть колледж по подготовке буровиков — эта профессия будет чрезвычайно востребована уже в ближайшие годы.

Кольская сверхглубокая не дотянулась до мантии, да и трудно это сделать на континенте — уж больно глубоко надо бурить. Возможно, проект «Mohole to Mantle» решит эту задачу. Сложно, дорого, долго, но стоит того. Ведь мантия, сложенная из силикатов магния, железа и кальция, на долю которой приходится 67% всей земной массы и 83% объема, слишком многое определяет в нашей земной жизни. Фазовые переходы, пластические деформации, теплоперенос — все эти процессы, не останавливающиеся в мантии ни на минуту, приводят в движение континенты и литосферные плиты, порождают землетрясения и цунами, заставляют извергаться вулканы. «Мантия — это двигатель нашей планеты», — точно заметил Эзмон Тигл. Вот почему так важно добраться до нее и получить возможность исследовать ее напрямую.

Если расчеты геофизиков верны и верхняя граница мантии действительно пролегает на глубине 6 км под дном океана (в определенных местах), то очень высока вероятность, что путешествие к мантии в 2020 году завершится успешно и мы заново откроем для себя Землю.

Но это будет лишь первый шаг. Для системного исследования одной глубокой скважины на Земле мало. Нужна сеть подобных скважин по всему миру, на континентах и шельфах. Все они как единая система дадут нам более точное знание. А главное — более точный прогноз приближающихся землетрясений, цунами и вулканических извержений. И в этой мировой системе должна занять свое место Кольская сверхглубокая скважина. Я почему-то уверена, что в ее судьбе точка не поставлена. Хотя времени на размышления очень мало: Земля умеет залечивать свои раны, и через год-другой уникальную скважину можно потерять.



Человек на чипе

Л. Стрельникова

Человек-слон

Речь пойдет вовсе не о знаменитом фильме Дэвида Линча «Человек-слон» 1980 года, главный герой которого — человек с огромным уродливым телом и гигантской головой. Мы вспомним совсем другую скандальную историю, которая случилась в 2006 году в Лондоне.

13 марта в клинику «Норвик Патрик» прибыли восемь добровольцев, давших согласие на участие в клиническом испытании нового лекарства немецкой компании «ТеГенеро». Это был препарат TGN 1412 на основе моноклональных антител, предназначенный для лечения лейкемии и аутоиммунных заболеваний — ревматоидного артрита и рассеянного склероза. Принцип его действия — контроль над функционированием иммунной системы и подавление воспаления.

Согласно протоколу испытаний, двум добровольцам ввели плацебо, то есть пустышку, а шестерым — одну пятисотую дозы (в пересчете на килограмм массы тела), которую успешно испытывали на животных во время доклинических испытаний. Уже через час испытуемые почувствовали себя плохо: приступы удушья, рвота, жар, головная и мышечная боль. Участники эксперимента начали терять сознание. Двое добровольцев погрузились в кому, четверо были в тяжелейшем критическом состоянии.

С такой картиной врачи еще не сталкивались: у всех добровольцев стремительно развилась мультиорганный недостаточность, которую вызвало резко начавшееся воспаление, охватившее все внутренние органы и ткани. Препарат, созданный для того, чтобы снимать воспаление, сработал с точностью до наоборот. Клетки стали стремительно набирать воду, забирая ее из крови. Тяжелейшие отеки тканей развивались буквально на глазах, изменяя участников эксперимента до неузнаваемости. У одного из добровольцев голова раздулась, как шар, вот почему британские журналисты окрестили его «человеком-слоном».

К счастью, участников эксперимента удалось спасти, но их здоровью был нанесен серьезный урон. Что же произошло? Несколько лет этот случай расследовали компания-разработчик, в конце концов разорившаяся, и внешние независимые эксперты. Доклинические исследования были выполнены по всем правилам на множестве разных животных — мышах, кроликах, собаках, обезьянах. И во всех случаях они не дали ни одного отрицательного результата. Правда, отступление от протокола все-таки было: лекарство ввели всем шестерым добровольцам одновременно, хотя полагалось с интервалом в два часа. Не отклонись врачи от правил, беда случилась бы только с одним участником эксперимента, потому что первые страшные симптомы начали проявляться уже через час.

Выяснили и то, почему на людей препарат подействовал не так, как на животных. Оказалось, что организм человека содержит некую субпопуляцию иммунных клеток со специфическими рецепторами, которых не было у животных, участвовавших в испытании лекарства. Предвидеть этого никто не мог. Камилло Колако, главный научный сотрудник британской компании «Immunology Ltd.», заметил по поводу этой трагедии: «Чем больше мы узнаем об иммунной системе человека, тем лучше мы понимаем, что мышь не может служить прототипом человека».

Напрасные жертвы?

Между тем токсикологические испытания химических веществ и доклинические испытания новых лекарственных препаратов проводили и проводят на животных — мышах, кроликах, собаках свиньях, обезьянах. Мы приносим их в жертву миллионами! И каждый год их требуется все больше. По европейским законам, для первичного тестирования одного вещества, если оно производится на химическом предприятии в небольших количествах и не очень опасно, нужны тысячи животных. Если же говорить о крупнотоннажном химическом производстве или новом фармпрепарате, то здесь речь идет уже о десятках тысяч животных, потому что надо тестировать различные дозы и длительное введение.

Конечно, этих животных специально разводят и выращивают, а не отлавливают в природе, но от этого не легче. Вот что рассказывал биолог Александр Ермаков, друг и автор нашего журнала («Химия и жизнь», 2005, № 11): «В первую неделю моей работы в Великобритании я с удивлением заметил, что как только на улице или в автобусе начинаешь говорить с коллегами о науке, они моментально умолкают и показывают жестаами, что я должен быть осторожнее. Потом я узнал, что они всерьез опасаются активистов прав животных». Сегодня на Западе общества защиты животных — вполне авторитетные организации, которые лоббируют законы о минимизации мучений для подопытных животных, о недопустимости «острых» экспериментов с такими умными существами, как высшие приматы или осьминоги. Иногда эта деятельность проявляет себя в уродливых формах экотерроризма, в том числе и у нас. В 2004 году «спасители животных» несколько раз пробирались в виварии биофака МГУ им. М.В.Ломоносова, выбрасывали из клеток белых крыс и мышей, выпускали ворон и воронов. Грызуны-альбиносы разбежались и, конечно, погибли — шансов выжить на свободе у них не было. Мудрые птицы «спасаться» не захотели. На биофаке им и вправду хорошо — люди просят решать задачки на сообразительность, потом вкусно кормят (нападению подверглись вольеры кафедры высшей нервной деятельности), к тому же многих птиц ученым принесли со сломанными крыльями...

Сегодня американские и европейские компании, занимающиеся химическим производством, биотехнологиями и медициной, сталкиваются с мощным противодействием «зеленых» и защитников животных, причем есть радикально настроенные группы, которые жгут заводы и угрожают исследователям. Европейское законодательство по использованию животных в исследованиях постоянно ужесточается, этические комиссии и комитеты, куда в обязательном порядке поступают все запросы на разрешение доклинических исследований на животных, внимательно изучают материалы и выдают все меньше положительных решений. Поэтому неудивительно, что транснациональные корпорации переводят тестирование в другие страны, где законодательство помягче и нет таких резких «зеленых» настроений. Иными словами, не решают проблему радикально, а перекладывают ее на плечи других стран, в том числе России. Кроме того, в последние годы в России различные компании и научно-исследовательские организации построили и продолжают строить идеальные современные виварии. Для своих целей, конечно, но здесь найдется местечко и для западных заказов.

Никому из исследователей не доставляет удовольствие причинять страдания животным. Но если мы хотим получать новые, эффективные, спасительные лекарства, то другого выхода нет. Надо признать, что доклинические испытания на животных, проверяющие токсичность нового вещества или лекарства, имеют свои плюсы. Это, безусловно, системный подход. У животных есть те же органы и ткани, поэтому вещество, попадая в организм, вызывает ответ всех органов и системы в целом. Однако животные — не люди, и реакции у них могут отличаться от наших. Это любимый аргумент зоозащитников,



ТЕХНОЛОГИИ

и он часто используется не по делу, но рациональное зерно в нем есть. Даже тесты на шимпанзе, чей геном отличается от человеческого всего лишь на 1%, не дают 100%-ного предсказания, как поведет себя лекарственный препарат или иное химическое вещество в организме человека. Подтверждение тому — трагедия «Человек-слон» и похожие на нее

Особенно это касается лекарств, и вот почему. Большинство современных фармпрепаратов — это так называемые «дизайнер-драгс». Их конструируют и моделируют на компьютерах, чтобы они точно действовали на мишени в человеческом теле. Поэтому тестирование их на животных бессмысленно: у мышек, свиней и приматов может просто не оказаться целевых человеческих рецепторов.

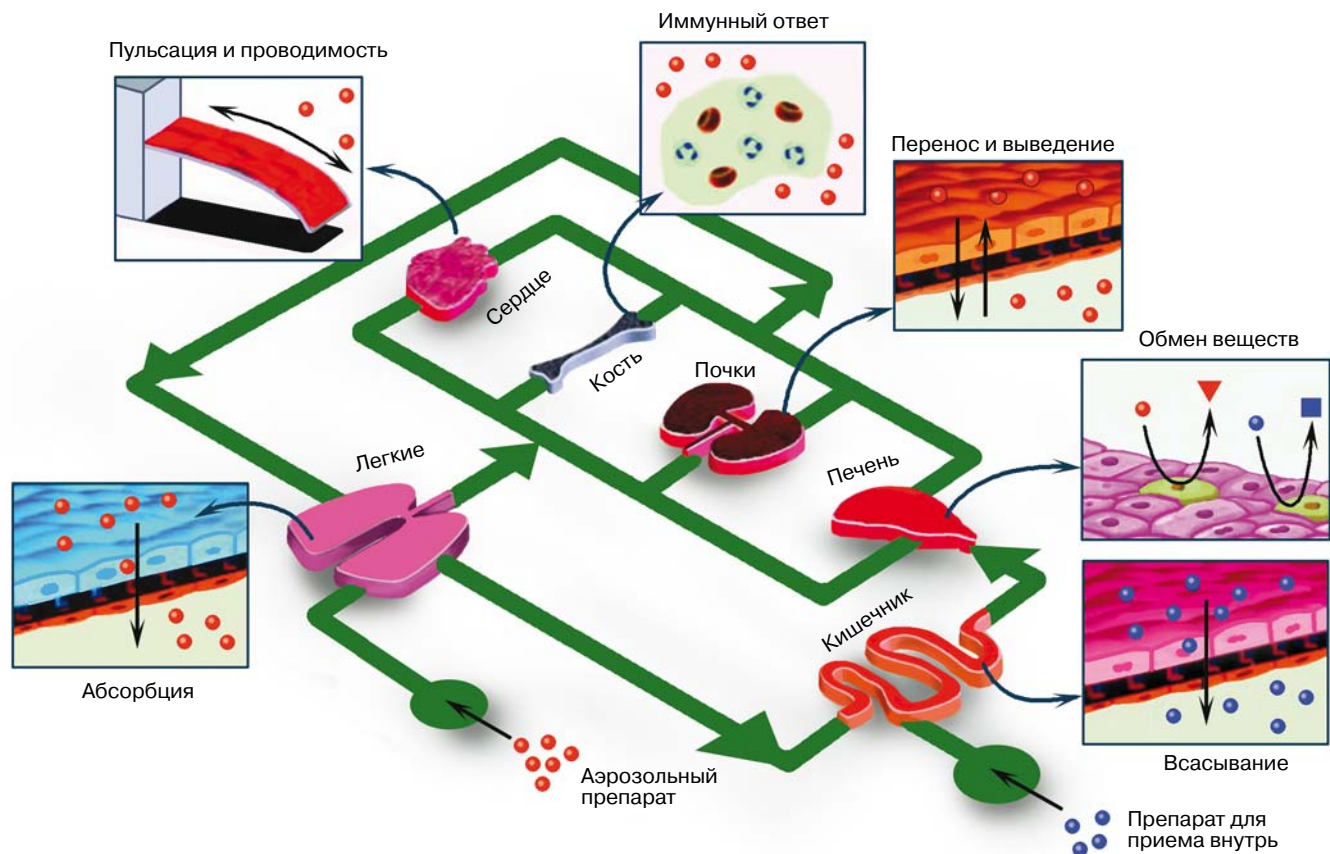
И еще одна проблема — дороговизна. Доклинические испытания обходятся в круглую сумму, от одного до десяти миллионов долларов на один препарат. Причем расходы на разработку новых лекарств неуклонно растут, а сам процесс сегодня выглядит как пирамида с широким основанием. Скажем, компания создает пять тысяч новых субстанций, тех самых «дизайнер-драгс». Их тщательно тестируют и отбирают на доклинические испытания только 500. Лишь пять из них успешно проходят испытания и отправляются на клинические исследования. На выходе — один-два новых препарата, которые можно выводить на рынок. На это уходит в среднем 15 лет. И все расходы, разумеется, отразятся на стоимости лекарств в аптеках.

Вообще, ситуация с разработкой новых препаратов выглядит тупиковой. Если в 1997 году американские фармкомпании потратили 15 млрд. долларов, то в 2010-м затраты на разработку выросли до 70 млрд. долларов, при этом количество новых препаратов, измеряемых двумя-тремя десятками в год, не увеличилось. Расходы от этапа к этапу растут в геометрической прогрессии, а вывести препарат на рынок — это и вовсе огромные деньги. Компании осторожничают. Не дай Бог у нового лекарства, поступившего в аптеки, обнаружатся опасные побочные эффекты. Именно это произошло с препаратом от ожирения «Липобэй» («Байер») в 2001 году и с обезболивающим «Виокс» («Мерк») в 2004-м. Лекарства пришлось срочно отзывать из аптек, снимать с производства, платить огромные штрафы, отступные, не говоря уже о плохо восполнимых репутационных потерях. В общем — тупик.

Альтернатива

Человеческое тело содержит 10^{14} клеток, но разновидностей их не так много — всего двести. С человеческими клетками и монокультурами работают уже не один десяток лет, и эти двести типов изучены довольно хорошо. Так почему бы не создать модели для тестирования из человеческих клеток, ведь лекарства и различные вещества воздействуют именно на них? Плохо клеткам — плохо организму.

Эта мысль, казалось бы, вполне очевидная, совсем недавно перешла в плоскость практических работ. Видимо, ужесточение законодательства во многих странах и разного рода запреты исследований на животных сыграли роль катализатора.



Так схематически выглядит концепция «Человек на чипе» (Human-on-a-chip), принятая сегодня в мире. На одном чипе располагают миниатюрные клеточные модели органов человека и наблюдают за их реакцией на новые вещества

Последние семь—десять лет в разных лабораториях мира исследователи пытаются приблизить клеточные культуры к модели какого-нибудь органа.

Первые публикации, в которых выдвигается идея объединить несколько типов клеток человека на каких-то устройствах (назовем их чипами), чтобы смоделировать, скажем, печень или другие органы, появляются уже в 2007 году (Уве Маркс. «Тестирование лекарств in vitro», издательство «Вилей» («Wiley-VCH Verlag»), Германия, 2007 г.). Но задачу каждый решает по-своему. У кого-то более сильны цитологи и менее сильны инженеры. У кого-то сильны инженеры, которые умеют делать уникальные насосики, но с клеточными культурами получается плохо. Каждый строит свои модели органов.

В лаборатории К.Сато Факультета прикладной биохимии Токийского университета (Япония) на своеобразном чипе размещают клетки раковой опухоли и какой-то ткани и смотрят, как они будут взаимодействовать. Дональд Ингбер в Институте Вайса в США сделал великолепное легкое на чипе: ансамбль клеток, которые сидят на поверхности мембраны с обеих сторон, растягивается, как легкое при дыхании и позволяет диффундировать газам («Science», 2010, № 328), а также клеточную модель кишечника с обитающей в нем микрофлорой.

В бурлящем потоке идей постепенно выкристаллизовывается новая задача: объединить на одном чипе клетки, моделирующие разные органы человека, то есть создать мультиорганный чип, или «человека на чипе». Первыми за разработку этой идеи в 2008 году берется Уве Маркс со своей командой (компания «TissUse») и Роланд Лаустер из Института биотехнологии в Берлине, умеющие работать с клеточными культурами. К ним присоединяется Франк Зонтаг из Института Фраунгофера в Дрездене с хорошей группой инженеров, чтобы идеи можно было воплотить в устройстве.

А в 2009 году Уве Маркс приглашает к участию в проекте «Человек на чипе» (Human-on-a-chip) российский научно-технический центр «БиоКлиникум» в Москве во главе с

членом-корреспондентом РАН Александром Тоневицким. Выбор не случайный. В свое время Уве Маркс был дипломником, а потом аспирантом у А.Тоневицкого в Кардиоцентре и знает не понаслышке, сколь хороши у нас специалисты по клеточным культурам и инженеры. Так появилась русская программа «Микробиореактор "Гомункулус"», которая начала стремительно развиваться. В 2010 году Министерство образования и науки РФ выдает НТЦ «БиоКлиникум» большой грант на опытно-конструкторские работы на три года в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России». А в конце 2012 года «БиоКлиникум» уже изготавливает уникальные приборы, которые отправляются на тестирование в Германию.

Американцы, занимавшие выжидательную позицию наблюдателя, спохватились позже, когда немецкий и русский проекты уже вовсю набирали обороты. Недавно, в июле 2012 года, Национальный институт здоровья (NIH) США при финансовой поддержке FDA и Министерства обороны США запустили самую исследовательскую программу, цель которой — создание платформы «Человек на чипе». Возглавляет ее тот самый Дональд Ингбер из Института Вайса. В декабре 2011 года он публикует в «Trends in Cell Biology» статью «От клеточной культуры к органам на чипе», прозвучавшую как некое программное заявление. Однако к этому времени в России уже были созданы прототипы платформы «Человека на чипе», теоретически описанной в статье Ингбера. Сегодня в Америке запущена огромная машина с большими финансовыми и исследовательскими ресурсами. И хотя российский проект «Гомункулус» пока опережает американцев на два-три года, нет сомнений, что они быстро наверстают упущенное. Тот случай, когда деньги и кадры решают все.

Какие органы и клетки?

Какие органы моделировать? Все? Наверное, когда-нибудь будет решена и эта задача. Но для начала немецкие и российские разработчики сосредоточились на нескольких функцио-



нальных органах, которые непосредственно взаимодействуют с введенным лекарством или веществом, участвуют в его транспорте и метаболизме. Это прежде всего кишечник, через стенки которого вещество всасывается в кровь. За ним следует печень, где происходят основные этапы метаболизма препарата. Безусловно, важны почки, ответственные за выведение и фильтрацию метаболитов. Важна и кожа, если препарат наносится на поверхность тела или вводится подкожно, и легкие, если препарат в форме аэрозоля. Есть еще так называемые органы-мишени — мозг и сердце. Они не участвуют в деятельности препарата, но могут стать его жертвой, если препарат окажется нейро- и кардиотоксичным. В принципе, этот перечень можно постоянно расширять, добавляя иммунную систему, эндотелий сосудов, роговицу и другие. Однако на первом этапе важно было получить первый прототип системы, объединяющей клеточные модели нескольких органов, и убедиться, что он работает.

Но какие клетки брать для моделирования? Ведь наши органы построены из разных типов клеток. Например, печень — из десяти. Однако функциональную нагрузку несут единицы этих типов клеток. Поэтому одного-двух для одного органа вполне достаточно, чтобы отобразить его главные функции: для кишечника — это адсорбция вещества и его всасывание, для печени — производство альбумина, цитохрома, способность метаболизировать вещество, для легких — адсорбция и транспорт кислорода и углекислого газа. Для клеток сердца важно, чтобы они постоянно пульсировали, жили, чтобы сердце не останавливало свою работу от воздействия лекарств. Нервные клетки тоже должны просто демонстрировать свою жизнеспособность, не испытывать стресс из-за поступления в организм тех или иных субстанций.

Задача устройства — дать исследователям возможность постоянно следить, активизируются или подавляются главные функции клеток, испытывают ли они стресс или чувствуют себя комфортно.

Ответ на мой вопрос, с какими конкретно линиями клеток работают создатели «человека на чипе», меня несколько озадачил. Потому что это линии раковых клеток. Почему? Дело в том, что любая тестовая система должна быть как можно более стандартизированной, чтобы она воспроизводилась в любой точке мира и в любой лаборатории. Надо везде иметь абсолютно одинаковые условия для тестирования одного и того же препарата. Раковые линии клеток полностью отвечают этому требованию: они культивируются одинаково по стандартной методике в любой лаборатории мира, достать их легко — есть банки таких линий клеток, они хорошо изучены и про них много чего известно. Скажем, про линию клеток «Caco-2», из которых моделируют кишечник, очень много статей. Достаточно посмотреть публикацию в «Nature Protocols» (2007, № 2), где подробно описано, что и как эта клетка делает, а если она этого не делает, значит, ей плохо. Публикаций такого рода уже очень много, и разработчики клеточных моделей тщательно следят за ними. Это все равно что получить инструкцию к действию.

В сущности, задача разработчиков заключается в том, чтобы найти линию клеток, раковую или иммортализованную, которая будет делать то же самое, что и клетка печени, но с которой будет легче работать. Раковые клетки быстрее растут и дольше живут. Но главное — они стандартные, одинаковые везде. И это дает возможность сравнивать результаты.

Некоторые исследователи не разделяют этот подход и заявляют, что будут работать только с первичным материалом, только с биопсией. Но поди попробуй возьми у пациента все клетки. Биопсию мозга, например. Не говоря уже о том, что это жутко дорого, потому что банков биопсии нет.

В мире начинают работать с эмбриональными клетками, взятыми из абортусов, тем более что есть банки абортивного материала. Но это очень дорого, да и этические проблемы вряд ли позволят развиваться этому направлению.

Можно работать с эмбриональными клетками пуповинной крови или индуцированными плюрипотентными клетками жировой ткани. Наверное, это то, куда будет развиваться технология «человек на чипе», хотя этот путь очень тернистый.

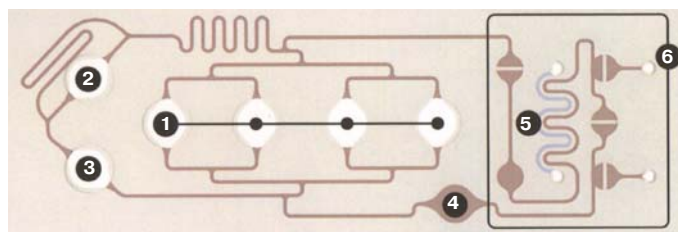
«Гомункулус»

Мы сидим в небольшом, уютном, трехэтажном здании на Кожуховской в кабинете директора «БиоКлиникум» Дмитрия Сахарова, кандидата биологических наук, выпускника Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Мне уже показали красивые светлые лаборатории, начиненные самым современным оборудованием, мастерскую, где колдует с проводами и платами Евгений Трушкин, главный инженер с золотыми руками, выпускник Бауманки 2006 года. А мне почему-то казалось, что нынешняя молодежь, покажи ей паяльник, ни за что не догадается, что это такое. В коридорах и в лабораториях на глаза попадаются только молодые улыбочивые исследователи.

Пьем чай, и я засыпаю директора вопросами, потому что хочу узнать, как устроен этот чип. Дмитрий обстоятельно и охотно рассказывает, как родитель — о своем умненьком и талантливом ребенке, которого безоглядно любит.

Устройство «Гомункулус» представляет собой некий трехслойный сэндвич. В его основании (нижний слой) — предметное кварцевое стекло размером 26x76 мм и толщиной 0,3—1 мм. Это вполне стандартные размеры, которые позволяют поместить чип в любой микроскоп, поскольку у микроскопов есть адаптеры под такие предметные стекла. Главное — сделать все слои как можно тоньше и прозрачнее.

На предметном стекле лежит рабочая часть устройства — слой из полидиметилсилоксана, бесцветного прозрачного полимера. Внутри него проложены тончайшие прямоугольные каналы (аналог кровеносной системы) высотой 100 микрон и шириной 1 мм и сделаны ячейки, куда помещают клеточные модели органов. По этой системе циркулирует питательная среда. По сути это физиологический раствор с добавками незаменимых аминокислот и некоторых факторов роста. Причем нижняя стенка канала — это всегда предметное стекло, на котором покоится вся конструкция, а его боковые и верхние стенки — силикон. Делают эту изящную конструкцию методом фотолитографии.



Рабочая часть чипа «Гомункулус» — тонкая полимерная матрица из полидиметилсилоксана, в которой размещают клеточные модели органов: 1 — ячейка для почки, сердца, мозга, кожи, легких; 2 — кишечник; 3 — печень; 4 — расширительная камера, 5 — канал для обогащения углекислым газом; 6 — клапаны, обеспечивающие циркуляцию жидкости в системе



Микроореактор «Гомункулус» похож на трехслойный сэндвич: на предметном кварцевом стекле лежит рабочий слой из силикона, в ячейки которого помещают клеточные модели органов. Верхний слой — это прозрачная панель из оргстекла, которая придает жесткость системе. В нее вкручивают ячейки с клетками, подводят коммуникации. Сэндвич помещают в термостатирующую кроватку (нижний фрагмент рисунка)

Жидкость в системе, или среду, гоняют три специальных клапана, тоже сделанные в силиконовом слое (окружность клапана 5 мм). Каждый клапан, регулируемый с блока управления, может быть либо открыт, либо закрыт. В сущности, это всего лишь тонкая силиконовая мембрана, которая приподнимается и опускается с помощью пневматических актуаторов в блоке управления. Комбинация этих действий позволяет прокачивать жидкость, то есть система работает как перистальтический насос. Поток циркулирует небольшими рывками, как кровь, выходящая из сердца. Поэтому клетки в системе немного сжимаются и разжимаются. Жидкость движется медленно, со скоростью около 10 микролитров в минуту — точно так же, как кровь в периферических капиллярах в нашем теле. В таких условиях клеткам очень комфортно.

Помимо каналов для жидкости в системе есть линия для насыщения среды CO_2 . Живые клетки постоянно подщелачивают среду своими метаболитами. Поэтому необходимо ее подкислять с помощью CO_2 , чтобы клетки не испытывали стресс. Канал CO_2 лежит очень близко к каналу с жидкостью. А поскольку полидиметилсилоксан проницаем для газов, то CO_2 легко диффундирует в систему циркуляции среды, и pH выравнивается.

В главном силиконовом слое предусмотрены шесть гнезд для клеточных ячеек. Кишечник с печенью — обязательно, с них и начинается процесс. В остальных четырех ячейках можно разместить любые другие «органы» — почку, кожу, легкие, сердце, либо какие-нибудь электрохимические сенсоры. А можно подвести оптический световод и наблюдать за клетками, добавляя к ним витальные краски: они избирательно окрашивают клеточные структуры и помогают различать живые и погибшие клетки.

Третий, верхний, слой этого сэндвича — прозрачная панель из полиметилметакрилата, придающая системе жесткость. В нее вкручивают ячейки с клетками, трубки для управления средой, крышки, резервуары и прочее.

При создании этой конструкции разработчики столкнулись с технической проблемой. Стекло и силиконовый слой должны были намертво сцепляться, иначе среда выливалась бы наружу. Однако адгезия стекла к силикону почти что нулевая.

Проблему решили с помощью плазменной обработки поверхности стеклянного и силиконового слоев. После такой процедуры они прочно соединяются безо всякого клея.

Всей системой — клапанами, подогревом, подачей среды и газа — управляет специальный прибор. В нем предусмотрена система оповещения об ошибках: скажем, заканчивается газ, и система посылает оператору sms на мобильный телефон или письмо по электронной почте. Прибор по сети соединяется с управляющим компьютером, поэтому оператор может сидеть в другом месте и корректировать процесс на расстоянии. А может — непосредственно на приборе, на панели которого расположен тач-скрин.

«Все критические компоненты для управляющего прибора мы делаем сами: рисуем платы, которые потом нам изготавливают московские фирмы, сами пишем все программное обеспечение, изготавливаем корпус, в котором надо все уместить, — рассказывает Дмитрий. — Пневматика — японская и немецкая, электроника — из Тайваня и Китая. Остальные элементы — краны, вентиляторы, блоки питания, шланги — покупаем в разных странах».

Клетки органов выращивают вне чипа. На это уходит неделя-две. Затем их подсаживают в трансвелы. Это ячейки с полупроницаемой мембраной внизу, на которой и размещают клеточный «орган». В одной ячейке живет порядка 50 тысяч клеток, если это монослой, и до миллиона, если это сфероид (аналог мозга или нервной системы). Именно через эту мембрану клетки в ячейке обмениваются веществами с постоянно циркулирующей средой. Так как скорость среды маленькая, то диффузия происходит очень хорошо.

Теперь клеткам в чипе потребуется несколько дней для акклиматизации к новым условиям, чтобы войти в стационарную фазу и почувствовать себя хорошо. А потом они будут жить 28 дней в чипе уже в экспериментальных условиях. Почему именно 28? Потому что чип предназначен для тестирования веществ и лекарств на острую и хроническую токсичность. По европейским требованиям срок таких испытаний — 28 дней.

Система работает просто. Предположим, мы исследуем новый препарат, который пациенту предстоит глотать в виде таблеток один раз в день. В этом случае в функционирующий чип, в котором клетки уже акклиматизировались, в ячейку с «кишечником» сверху добавляют среду с содержанием исследуемого препарата в соответствующей концентрации. Действующее вещество адсорбируется клетками кишечника, всасывается в кровь сквозь стенки (в чипе — это полупроницаемая мембрана внизу ячейки), и кровотоком (в чипе — циркулирующей средой) отправляется в «печень». Если лекарство не всосалось в «кишечнике» и не попало в среду, что мы легко увидим, то, значит, лекарство не работает. А препарат, который должен быть введен внутривенно, в чипе вводят непосредственно в циркуляцию, проходящую через все органы. Если задано накожное введение, то препарат капают в ячейку с «кожей», аэрозольное — в «легкие».

Чип живет своей жизнью, а исследователи внимательно наблюдают за ним, регулярно (с любой периодичностью) оценивая и измеряя самые разные параметры системы: концентрацию глюкозы, лактата, метаболитов, кислорода, pH среды. Делают это с помощью разных сенсоров или хроматографов, для анализа на которых периодически отбирают из чипа пробу среды. Например, если клеткам печени будет плохо, то они начнут синтезировать специальные структурные белки, чтобы клетки не полопались. А если им хорошо, то в системе появится альбумин и цитохромы. «Для верификации клеток мы используем данные генома и транскриптома, — рассказывает Д. Сахаров. — Мы можем отобрать клетки печени из чипа и посмотреть с помощью ПЦР, какие гены у нее включены, а какие отключились, то есть активна клетка или подавлена». Напомним, что транскриптом, это совокупность всех матричных РНК, то есть активных генов в ткани, органе, организме.



Устройство «Гомункулус» маленькое. Да и системный блок, управляющий работой чипа (прибор на заднем плане), тоже невелик

Содержимое чипа периодически рассматривают в микроскоп, чтобы оценить количество погибающих или растущих клеток. А можно посмотреть чип только в конце эксперимента и оценить, сколько клеток выжило.

«Пока мы оцениваем воздействие на клетки только по этим трем параметрам: количество клеток, метаболиты и транскриптом, — рассказывает Д. Сахаров. — Это самое необходимое, хотя, конечно, можно придумать что-то еще».

В принципе этот чип, рассчитанный пока на шесть ячеек, можно как угодно масштабировать, в том числе и до 10 органов — именно такую задачу поставили перед собой американцы и пытаются ее решить. Хотя, на взгляд Дмитрия, на этом этапе есть проблемы поважнее, например — сделать орган правильно: «Пока что у нас очень хорошая «печень», «кишечник» и «кожа». Остальные чуть хуже». Чип можно также адаптировать и под решение конкретной задачи. Скажем, разместить в нем клетки крови пациента и посмотреть его резистентность к тому или иному антибиотику. Много чего можно сделать. Платформа очень гибкая, ей можно найти множество самых разных применений. Проблема только в том, как впихнуть в один небольшой микробиореактор все идеи.

Кому это нужно?

Устройство, о котором рассказано в статье, — это микробиореактор «Гомункулус» уже второго поколения, созданный в российском институте «БиоКлиникум». «Первый прототип «человека на чипе» сделали в Германии в 2008 году, передали его нам и предложили попробовать сделать лучше, — рассказывает Д. Сахаров. — Мы сделали, быстро шагнув на три шага вперед». Причем, замечу, сделали силами маленького частного института, в котором работают 30 сотрудников — молодые химики, физики, биологи генетики, медики, инженеры и программисты.

Сейчас «БиоКлиникум» испытывает свою систему в России и в Германии, экспериментируя с гепатотоксичным веществом троглитазон. Исходно это было лекарство от диабета второго типа, но оказалось токсичным, и в 1997 году его сняли с производства. Об этом веществе известно все. Пока разработчики тестируют его отдельно на печени, на коже и сопоставляют с уже известными результатами, полученными в прежние годы стандартным тестированием. Задача исследования — доказать правильность работы микробиореактора. Десять новых приборов уже готовы и отправлены в Германию для тестирования. К концу года их будет тридцать.

Кому они нужны? Есть ли покупатели в России? Напомню, что устройство, созданное «БиоКлиникум», предназначено для доклинических испытаний *in vitro*. С его помощью можно будет отсеять заведомо токсичные субстанции и не допускать их до тестирования на животных, а с другой стороны — не пропустить что-то ценное и полезное для людей, упрятанное в массиве из тех самых пяти тысяч кандидатов, с которых компании начинают скрининг.

Значит, «Гомункулус» должен заинтересовать фармкомпанию, которые занимаются доклиническими исследованиями своих субстанций. Но есть ли такие в России? У нас же сплошь импортные лекарства. Неожиданно для меня оказалось, что есть, и даже очень много.

Оказывается, Минпром вместе с Минобрнауки выдал в этом году около 100 грантов российским компаниям на доклинические испытания новых отечественных лекарственных средств. Причем эти 100 отобрали из полутора тысяч заявок! А Минздрав дал в этом году 600 разрешений на проведение клинических исследований новых отечественных препаратов. Это означает, что в предыдущие годы было проведено не менее 10 тысяч доклинических исследований. Еще есть химические компании, которым тоже необходимо тестировать на токсичность все свои конечные и побочные продукты. Так что рынок есть, и единственное, что можно ему пока предложить — это устройство «Гомункулус» для исследований *in vitro*, созданное в «БиоКлиникум».

«Наш прибор, блок управления, будет стоить около десяти тысяч евро, то есть около 400 тысяч рублей, одноразовый чип — около пяти тысяч рублей, — рассказывает Д. Сахаров. — Причем сам прибор может работать вечно, но рассчитывать надо на три-четыре года: система развивается настолько быстро, что неизбежно будут появляться приборы нового поколения». Сопоставьте эту стоимость с расходами на доклинические исследования одной субстанции — от одного до десяти миллионов долларов. Даже если крупная компания купит десятки таких приборов, то выгода и экономия будут более чем ощутимыми.

Интересно, что когда российская программа только началась, «БиоКлиникум» заключил лицензионное соглашение с немецким партнером по поводу дальнейшей судьбы разработки. Решили, что немцы работают на рынке Европы, «БиоКлиникум» — на рынке СНГ. Но теперь, по прошествии трех лет, стало понятно, что никто не может сделать железо лучше, чем мы. Блок управления чипом в нынешней конфигурации — это полностью российская разработка. Так что не исключено, что наши приборы появятся и на европейском рынке.

«Конечно, это еще не человек на чипе, это лишь первые клеточные модели, первое их приближение к человеческому организму, — говорит Александр Тоневицкий. — Но технологии развиваются стремительно. И роль этих первых моделей чрезвычайно велика. Главное — это новый взгляд и новый подход, благодаря которым совершаются маленькие технологические революции. Революции ради здоровья людей».



Библиотека МОЗГА

Е. Клеценко

Расцвет или кризис?

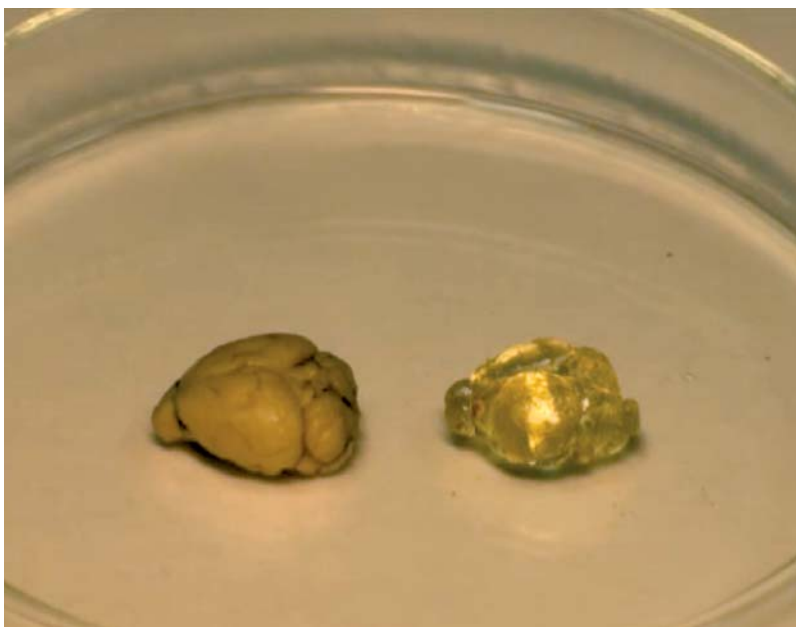
Возможно, самой интересной областью биологии сейчас становятся нейронауки и когнитивные науки — исследования мозга и разума. (Когнитивность, от латинского *cognitio*, «познание, изучение, осознание», — способность к умственному восприятию и переработке внешней информации.) Заголовки многих докладов из тех, что собирают полные залы на конференциях с самым плотным графиком, украшены уже не спиралью ДНК, а схематическим изображением головного мозга — хотя докладчики, конечно, не обходятся без молекулярной биологии и генетики.

В последние несколько десятилетий науки о мозге сильно продвинулись вперед. Даже неспециалисты знают о современных методах, с помощью которых получают изображения мозга, наблюдают за изменениями активности отдельных его участков — таких, как позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ). Возможности этих методов совершенно изменили и клинические, и нейрофизиологические исследования. Мы все больше узнаем о генах, отвечающих за нормальное развитие центральной нервной системы (или за отклонения от нормы), о тонких механизмах передачи сигналов между нейронами. Создается впечатление, что мы стоим на пороге еще более грандиозных открытий.

С другой стороны, даже специалисты говорят о кризисе нейронаук и когнитивных наук. Говорил об этом и К.В.Анохин. Несмотря на все блестящие достижения, важнейшая задача, стоящая перед науками о мозге, да и перед науками о жизни в целом, не решена — у нас нет ответа на вопрос, как работает человеческий мозг.

«Я бы воспользовался словами Эдварда Уилсона: «Существующая фрагментация знания и вызванный ею хаос в

По материалам доклада члена-корреспондента РАН и РАНН Константина Владимировича Анохина на Пятой Международной конференции по когнитивной науке, которая прошла в Калининграде в июне 2012 года. К.В.Анохин — руководитель отдела нейронаук НИЦ «Курчатовский институт», заведующий лабораторией нейробиологии памяти Института нормальной физиологии РАНН.



Прозрачный мозг мыши, оптически просветленный для детекции флуоресценции нейронов (справа).

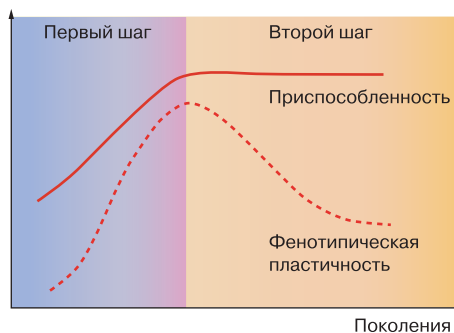
Слева мозг мыши, зафиксированный обычным способом

философии — не отражение реального мира, а артефакты нашего образования». Нигде это не видно настолько сильно, как в науках о мозге. В значительной мере это связано с тем, что огромный массив данных никоим образом не обобщен. В год выходит около 200 тысяч работ, посвященных когнитивным функциям, психологии, функциям мозга, нейронаукам. Общее количество работ в этой области достигает четырех миллионов — никто не может прочитать их все. На съезде «Neuroscience», который ежегодно проводится в США, в 2011 году было представлено около 20 тысяч постеров. Если ширина каждого из них 2 м, это 40 километров информации. Но все эти работы страдают эмпиричностью подхода: каждый обращается к своим проблемам, и попросив десять ведущих ученых рассказать о том, как работает мозг, мы получим десять различных рассказов. Нет единой общепризнанной теории, которая объясняла бы, как мозг управляет поведением, что представляют собой высшие психические функции — память, внимание, мышление, сознание. Сравнивая науку о мозге с другими областями знания — это как если бы физика не имела развитой теории материи и энергии. Благодаря теории физика делает предсказания, которые подтверждаются через 50 лет после того, как они были выдвинуты. Мы не имеем подобной теории в области изучения мозга», — отмечает К.В.Анохин.

Итак, сейчас в первую очередь нужны не новые факты в дополнение к огромной гряде уже известных, а эмпирически проверяемая теория — каркас, который упорядочил бы имеющиеся сведения и определил место для тех фактов, что будут установлены в дальнейшем. Точно так же, как это произошло в биологии XIX века, когда пестрый хаос сведений

о бесконечном разнообразии живой природы упорядочила дарвиновская теория.

В последнее время стало ясно, что основную роль в работе мозга играют ансамбли нейронов — «команды», состоящие из множества клеток, которые находятся в различных анатомических областях мозга, но работают сообща. Нейроны одного ансамбля взаимодействуют между собой, различные ансамбли — друг с другом. Теория работы мозга как целого должна объяснить, каким образом возникают по-



Эффект Болдуина постулирует связь между обучением и эволюцией. Первый шаг — обучаясь, индивид изменяет свой фенотип, чтобы повысить приспособленность. Если новые признаки полезны, они распространяются в популяции. Второй шаг — в неизменных условиях естественный отбор сохраняет врожденные признаки, которые замещают приобретенные или ускоряет их приобретение, ведь плата за обучение в природе бывает высокой. Приобретенные признаки не наследуются, как у Ламарка, но со временем получают генетическую «поддержку» (по: R. Suzuki, T. Arita, «Biosystems», 2004, 77, 1–3, 57–71)



А.Н.Северцов



И.И.Шмальгаузен



добные ансамбли в ходе индивидуального развития, каково их эволюционное происхождение, как они управляют поведением. Она должна развить специфический язык, описывающий такие ансамбли, их классификацию, внутри- и межсистемные связи. Наконец, теория должна предложить решение главной проблемы — структурных и функциональных основ высших функций мозга, включая восприятие, память, познание, сознание.

Третья опорная точка

Выдающийся биолог, нобелевский лауреат Джеральд Эдельман в одной из своих книг назвал три загадки, связанные между собой, которые должна решить современная биология: индивидуальное развитие формы, эволюция формы, основы поведения.

Установлением связи между эмбриологией и эволюцией мы во многом обязаны А.Н.Северцову и его ученику И.И.Шмальгаузену. Северцов указал на эволюционную роль изменений в индивидуальном развитии. Шмальгаузен, развивая теорию стабилизирующего отбора, утверждал, что ненаследуемые адаптивные модификации при постоянстве внешних условий постепенно заменяются сходными по фенотипическому выражению мутациями. Модификации прокладывают путь для будущих генетических перестроек.

Сейчас это называется эффектом Болдуина (термин ввел Джордж Симпсон в 1953 году), хотя правильнее было бы «эффект Моргана — Осборна — Болдуина». Психолог Джеймс Болдуин, эволюционист, занимающийся проблемами поведения, Конвей Ллойд Морган и палеонтолог Генри Осборн независимо друг от друга и одновременно, в 1896 году, предложили одну и ту же идею. Упрощенно и в современной терминологии ее можно изложить примерно так. Признак, полезный в определенных условиях, сначала появляется за счет модифи-

кационной изменчивости. Животные, переселившиеся из леса на равнину и преследуемые хищниками, будут совершенствоваться в спринтерском беге и регулярно оглядывать горизонт. Преимущество получают лучшие бегуны, а также самые бдительные, впечатлительные и зоркие, те, кто побежит первым, — такие отличия могут появиться и без генетической базы. Но если популяция останется на этой равнине надолго и условия не изменятся, то постепенно в ней вырастет частота особых вариантов генов мышечного белка, генов, ответственных за повышенное выделение адреналина, за развитие участков мозга, связанных с повышенной бдительностью. Таким животным все равно нужно обучаться полезным формам поведения, но обучение идет у них быстрее, чем у их предков — или у их родичей, оставшихся в безопасном лесу. Теперь они отличаются от этих родичей уже и в генетическом отношении. Навык обязательно превращается в инстинкт (как утверждают противники адаптивной значимости эффекта Болдуина), скорее усиливается предрасположенность к усвоению навыка.

Можно сказать, что эффект Болдуина возвращает в теорию эволюции важное достоинство ламарковской теории — активную роль организма, при этом не нарушая принципов естественного отбора и не вводя наследование приобретенных признаков.

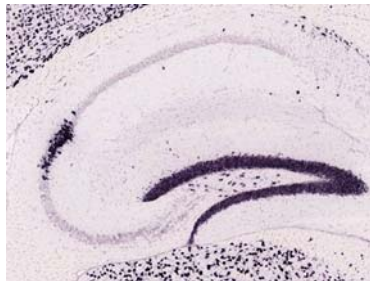
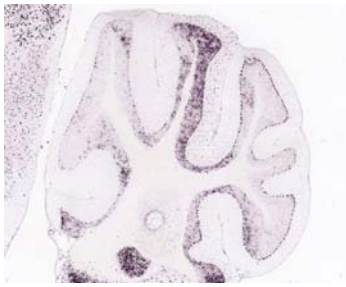
Основным тезисом теории Шмальгаузена было то, что не изменения генома определяют ход эволюции, — это эволюция, в том числе и фенотипическая пластичность, в дальнейшем определяет эволюцию генома. Фенотипы — наши организмы, их активная деятельность — ведущие, а геном следует за ними. В конце 90-х годов прошлого века современная эволюционная биология вновь соединилась с биологией развития — эта область получила название «эво-дево», от evolution и development (развитие). Стоит заметить, что работы

Северцова и Шмальгаузена, как предшественников, не были забыты.

Однако, по мнению К.В.Анохина, в современном синтезе не хватает третьего элемента, упомянутого Эдельманом, — роли нервной системы и активного поведения. Можно предположить, почему классики не уделили этому элементу внимания: ни Северцов, ни Шмальгаузен не были специалистами в области физиологии или этологии. Но когда речь идет о развитии и работе мозга, без этого фактора строить дальнейшие рассуждения невозможно.

Рассмотрим, например, с точки зрения эффекта Болдуина функциональные системы нейронов, те ансамбли клеток, о которых говорилось в конце предыдущей главы, — распределенные по различным структурам мозга, но задействованные в решении одной задачи. Представим себе, что условия, в которых обитает популяция, так или иначе изменились — климат стал теплее или холоднее, исчезли одни пищевые ресурсы, появились другие. Организмы, обладающие нервной системой, не только подвергаются отбору по фиксированным признакам (таким, как величина туловища или скорость обмена веществ, оптимальная для нового температурного режима) — они способны демонстрировать различные реакции на одну и ту же ситуацию при ее повторениях, обучаться, находить новые решения. При этом нервная система животного формирует новые конфигурации нейронов, образованные совместным участием многих структур в решении одной проблемы. Они активируются в момент решения и могут снова активироваться при новом появлении той же проблемы. (Как связаны кратковременная и долговременная память с изменениями в структуре межнейронных контактов — синапсов, показал нобелевский лауреат 2000 года Эрик Кандель в экспериментах на морском моллюске аплизии, а затем на мышах, см., например, «Химию и жизнь», 2001, № 11.)

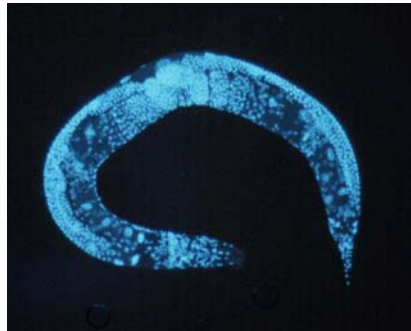
В отличие от изменений на уровне генома, новые навыки приобретаются быстро, на протяжении жизни одного



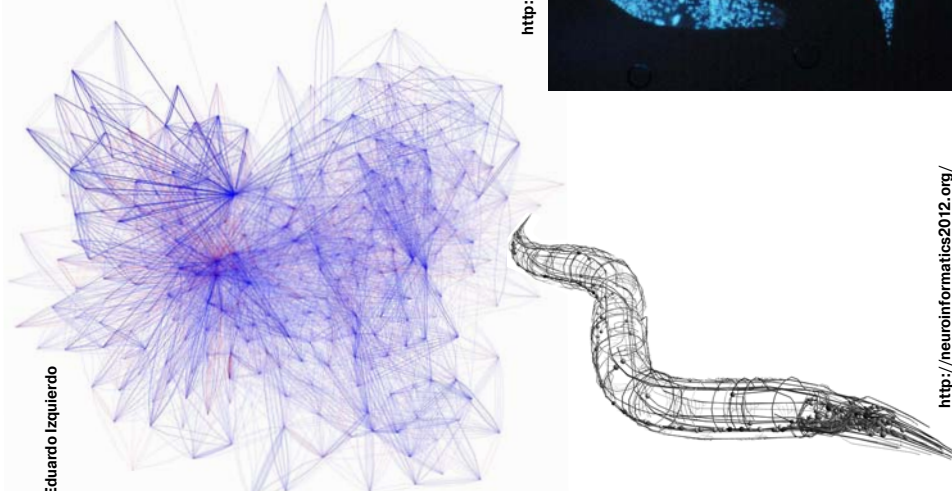
Экспрессия генов в мозге самца мыши возрастом 56 дней: слева ген *Fos* в мозжечке, справа ген *Pcp4* в гиппокампе



<http://www.basis.ncl.ac.uk>



<http://www.genome.gov/10000570>



Eduardo Izquierdo

<http://neuroinformatics2012.org/>

Коротенький червячок с длинным именем *Caenorhabditis elegans* — прекрасный модельный объект.

Его геном был получен еще в 1998 году, а теперь настала очередь коннектома. Справа внизу — коннектом, наложенный на анатомию червя (в конструировании этой схемы приняли участие сотрудники Института систем информатики им. А.П.Ершова СО РАН), слева — схема связей, где каждая точка — нейрон, построенная по данным <http://www.wormatlas.org>

поколения. Но если условия остаются неизменными и все новые и новые поколения сталкиваются с той же проблемой, то накапливаются генетические изменения, делающие обучение полезному поведению чуть более быстрым. При этом могут изменяться и внешние анатомические признаки, и структуры мозга, и биохимия.

Повторим еще раз: это не означает, что когнитивная деятельность заменяется инстинктом, готовой программой. Хороший пример того, как может действовать эффект Болдуина в этой области, — формирование человеческой речи (кстати, о проявлении эффекта Болдуина в происхождении речи на той же конференции рассказывала кандидат филологических наук С.А.Бурлак; о ее книге см. «Химию и жизнь», 2011, № 6).

Умение говорить у человека не врожденно, в отличие, например, от «танцев» пчел, с помощью которых разведчица со-

общает, в какой стороне от улья источник пищи. Однако предрасположенность к обучению речи, к обмену информацией с сородичами у человеческих детенышей уникальна, и она заложена на геномном уровне. Те коммуникативные задачи, которые наши далекие предки, сговариваясь перед охотой, решали, вероятно, с огромным трудом, для современного человека не представляют сложности. Мы — самый социальный вид Земли, обмен информацией друг о друге для нас — как вода для рыбы, мы даже не замечаем, что делаем это. Мы должны учиться общению, это не дается нам от рождения, но мы сверхспособные ученики.

Таким образом, говоря о мозге, начинать можно с генома, но затем необходимо подниматься на более высокие структурные и функциональные уровни. В своей лекции К.В.Анохин выделил три таких уровня. Первый — геном и его роль в развитии и работе мозга. Вто-

рой — коннектом, совокупность связей между отделами мозга и единичными нервными клетками, «электронная схема» нервной системы. И наконец, третий — когнитом, по определению докладчика, «библиотека произведений мозга» — сумма элементов индивидуального опыта.

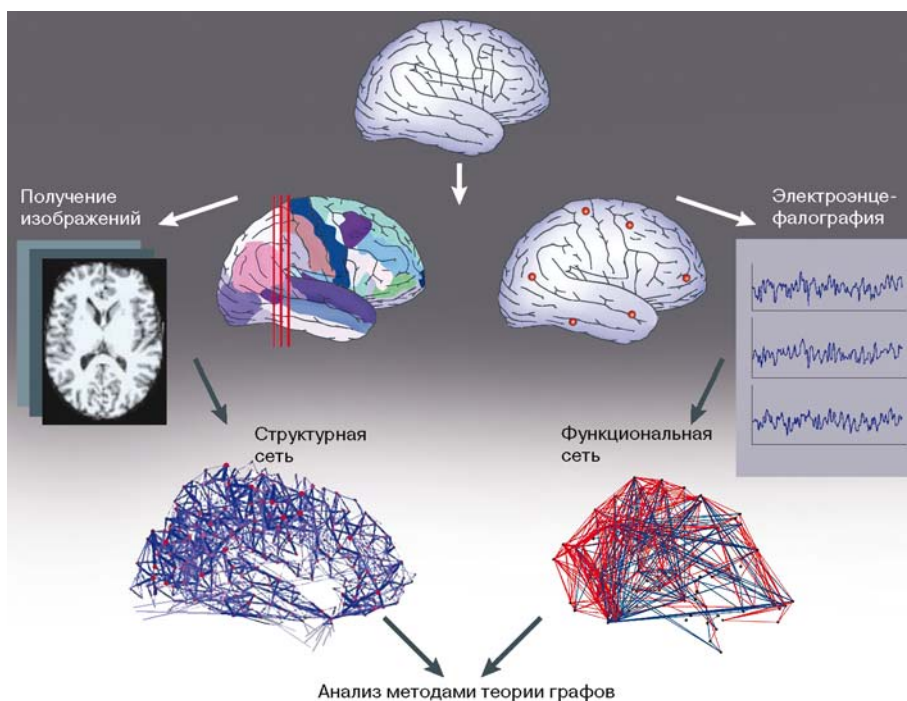
От генома к коннектому

Рассказ о мозге и геноме можно начать с Алленовского института мозга. Пол Аллен, видный филантроп и один из основателей «Майкрософта», в начале XXI века обратился к ученым с вопросом, какую проблему в биологии они считают наиболее важной. Сошлись на том, что важнее всего было бы узнать, каким образом гены создают мозг. На решение этой проблемы Аллен выделил 100 миллионов долларов, и в 2003 году в Сиэтле был создан институт. Первый его проект, атлас транскриптома мозга мыши, завершился в 2006 году. Транскриптом — сумма всех транскриптов, то есть матричных РНК, которые считываются с активных генов. В отличие от генома, транскриптом различных клеток и тканей не одинаков — набор активных генов зависит от типа клетки и ее функционального состояния. С помощью специальных методов исследователи определили все матричные РНК в различных участках мышиного мозга и получили трехмерную карту активности генов. Следующий проект был посвящен мозгу человека, и он завершился совсем недавно, в сентябре 2012 года («Nature», 2012, 489, 7416, 391—399, doi:10.1038/nature11405).

В рамках проекта было получено множество интересных результатов. Выяснилось, например, что транскриптом коры правого и левого полушарий у человека не имеют существенных различий. Удивительно большим оказалось также сходство между транскриптомами мозга двух людей (пока ученые работали всего с двумя образцами). Но что особенно примечательно — теперь мы знаем, что в мозге взрослого человека экспрессируется около 84% всех его генов и у мыши примерно столько же. Это очень много: в построение любого другого органа вовлечен лишь небольшая процент генов. А если учесть еще и гены, которые были активными в процессе развития нервной системы, но потом замолкли, — создается впечатление, что практически весь геном находится на службе у мозга. Отсюда ясно, что центральная нервная система заслуживает самого пристального внимания эволюционной биологии. У нас нет другого органа, столь важного для адаптации и столь заметного для отбора.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



Структурную и функциональную сети человеческого мозга можно исследовать с помощью теории графов. Чтобы найти сетевые узлы, различными методами получают изображения мозга для структурной сети или используют данные электроэнцефалографии для функциональной сети (по: «Nature Reviews Neuroscience», 2009, 10, 186–198)

Коль скоро транскриптомы у разных людей не слишком различаются (если, конечно, это не случайность, обусловленная малым размером выборки), возможно, следует подняться на уровень коннектома?

Понятие о коннектоме как совокупности всех связей в мозгу ввели в 2005 году. Ученики Эдельмана Олаф Спорнс, Джулио Тонони вместе с Рольфом Кёттером из Фогтовского института исследований мозга в Дюссельдорфе опубликовали программную статью, которая называлась «Человеческий коннектом. Описание структуры мозга человека» («PLoS Computational Biology», 2005, 1 (4), e42. doi: 10.1371/journal.pcbi.0010042). В том же году независимо от них Патрик Хагман в тезисах своей кандидатской диссертации использовал то же слово и дал то же определение: «Коннектом мозга — совокупность всех связей в нем как единое целое». Мы не можем понять, как работает прибор, пока не получим его схему.

Исследования в области коннектомики ведут несколько проектов, этой теме посвящены сотни научных работ. На смену лозунгу «Я — это мой геном» пришел новый: «Я — это мой коннектом». В самом деле, геном — это лишь точка отсчета, а карта связей в мозге человека — итог реализации генетической

программы, взаимодействия индивида со средой, нечто более близкое к ответу на вопрос «что есть личность».

Бум в коннектомике сделал возможным в том числе и своевременное появление инструментов исследования. Серийные электронные микрофотографии позволяют восстановить картину связей между нейронами: кусочек нервной ткани нарезают на тончайшие срезы, получают микрофотографии и по ним восстанавливают трехмерную структуру сплетения нервных отростков. Это направление называется микроконнектомикой. Понятно, что метод весьма трудоемок и пригоден для установления связей между клетками в локальных участках — проделать такую работу для целого мозга в обозримые сроки нереально.

Полный коннектом, до клеточного уровня, пока расшифрован только для нематоды *Caenorhabditis elegans* — прозрачного червячка длиной около миллиметра. В качестве модельного объекта это замечательное животное предложил Сидней Бреннер (Нобелевская премия по физиологии и медицине 2002 года). Чем замечательна *C. elegans* — этот организм состоит из фиксированного числа клеток (1031 у взрослого самца, 959 у взрослой особи-гермафродита), и каждая из них знает свое место. Нейронов у нематоды 302, контактов между ними — 6–7 тысяч. При таких порядках величин удалось обойтись и микроконнектомикой. Предполагается, что в ближайшие годы будет расшифрован также коннектом дрозофилы (сотни тысяч нейронов). Мозг мыши состоит примерно из 70 миллионов нейронов (кора головного мозга — 4 миллиона),

у человека — 86 миллиардов и 19–23 миллиарда соответственно. Путь впереди долгий...

Но кроме микроконнектомики есть региональная коннектомика — исследование связей между разными структурами мозга, которые определяют их взаимоотношения, интеграцию, в конечном счете работу.

Для этого существуют несколько методов, один из самых популярных — трактография, или диффузионная тензорная визуализация (diffusion tensor image, DTI). Методом магнитно-резонансной томографии прослеживается диффузия воды в тканях и клеточных структурах, в данном случае — в отростках нейронов. Таким способом определяют ход пучков нервных волокон и восстанавливают картину связей между разными областями живого мозга. А сетевые карты можно изучать методами теории графов и динамических систем, это уже переход к теории.

Один из крупнейших проектов, работающих в этом направлении, так и называется «Human Connectome Project». Он стартовал в 2009 году, рассчитан на пять лет и финансируется Национальным институтом здравоохранения США. В проекте участвуют 1200 взрослых добровольцев — пары близнецов, а также их братья и сестры примерно из 300 семей. Магнитно-резонансная томография дает структуру связей, высокоплотная электроэнцефалография позволяет получить функциональную сеть. Так для каждого участника составляются карты анатомических и функциональных связей мозга, а к 2018 году планируется полное секвенирование их геномов. Сравнение геномов и коннектомов идентичных близнецов и неидентичных братьев и сестер, вероятно, принесет новую информацию о вкладе генетики в формирование мозга.

Добавим, что коннектомика уже сейчас изменяет наши взгляды на психические заболевания. Становится понятным, что многие из них, по сути своей, — коннектопатии, связанные не столько с разрушением тех или иных структур или областей мозга, сколько с нарушением связей.

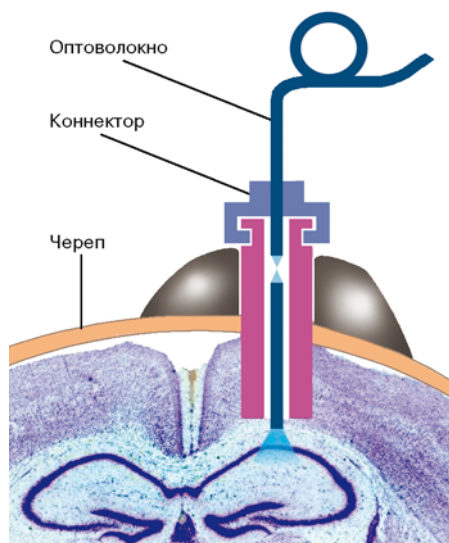
Увидеть воспоминание

Наконец мы добрались до самого интересного: каким образом коннектом вмещает в себя когнитом, «библиотеку мозга»?

«Когнитом в нашем понимании, — рассказывает К.В.Анохин, — это весь набор когнитивных элементов мозга, которые составляют нашу личность. Мы полагаем, что каждый из этих элементов представлен в мозге, в нашем коннектоме, в виде функциональной системы. И в этом основная сложность исследования когнитома. Когнитивная единица не лежит на полочке той или иной структуры мозга, каждая из них — это распределенная сеть клеток, причем клетки одной структуры могут входить в самые разные элементы субъективного опыта. А каждый элемент субъективного опыта — масса синхронно активируемых в определенный момент нейронов в разных областях мозга. Элементы когнитома, так же, как и весь когнитом, — это не статическая картина, это постоянно развивающаяся система. В результате нового опыта, обучения в эту сеть добавляются те или иные новые элементы, меняющие как структуру когнитома, так и связи между уже существующими элементами».

Как можно обнаружить эти когнитивные единицы? Как выделить среди миллиардов нейронов мозга группу, отвечающую за элемент субъективного опыта, найти материальный носитель воспоминания, представления, навыка? Похоже на сюжет для фантастического рассказа — но это можно сделать и уже делается благодаря методам молекулярной и клеточной биологии, хорошо знакомым читателям «Химии и жизни». Эти методы не только помогают установить, какие генетические и биохимические механизмы отвечают за хранение информации в мозге, — они позволяют непосредственно наблюдать функциональные системы нейронов и даже вмешиваться в их работу, активи-

Лазерная плосколучевая оптическая томография



ровать или инактивировать. (И только после этого можно считать доказанным, что группа клеток действительно является хранилищем впечатления, результата мыслительного процесса или программы поведения.)

Один из таких методов развивают в отделе нейронаук Курчатовского института. Для выявления следов памяти в мозге может служить экспрессия «ранних» генов. Буквально через минуты после получения новой входящей информации в нейронах, которые будут ответственны за ее хранение, начинает синтезироваться матричная РНК этих генов. Их активность зависит от обучения, в фоновом режиме не наблюдается, и она необходима для формирования нового опыта. К.В.Анохин с сотрудниками изучают один из таких генов — *c-fos*, известный также как протоонкоген, — с 80-х годов прошлого века (Н.Е.Малеева и соавт., «Генетика», 1989, 25, 1119—1121, см. также статью «Маршруты на карте мозга», «Химия и жизнь», 2004, № 9). Можно сказать, что это ген столкновения с новизной. Новый внешний фактор, несоответствие событий ожиданиям, вообще все, что требует включения когнитивного процесса, вызывает экспрессию ранних генов в отдельных нейронах. Эти-то гены и дают возможность картировать элементы субъективного опыта.

Для эксперимента нужны трансгенные мыши, у которых регуляторный элемент гена *c-fos* управляет также геном зеленого флуоресцентного белка. В данном случае используется ген не собственно GFP, о котором мы не раз писали («Химия и жизнь», 2012, № 7), а EGFP, enhanced green fluorescent protein, — «улучшенного» зеленого флуоресцентного белка, который может экспрессироваться у млекопитающих. У этих мышей в клетках мозга, обра-



Оптоволокonnая регистрация экспрессии генов *in vivo*

батывающих новую информацию, — и только в них, поскольку в других клетках ранний ген не активируется, — появится флуоресценция при облучении синим или ультрафиолетовым светом. Например, если мышь, оказавшись в новой обстановке, ощупывает пол и стенки экспериментальной камеры усами-вибриссами, то засветятся клетки коры мозга, в которые приходят импульсы от тактильных рецепторов вибрисс.

Однако мышь, в отличие от червячка *C. elegans*, велика и непрозрачна. Допустим, появился флуоресцентный белок во всех клетках одной функциональной системы, но как его подсветить, вызвав «ответное» свечение, и как зарегистрировать получившуюся картину? Еще раз напомним, что клеток, возможно, миллионы и они распределены по всему мозгу. Поэтому исследователи разработали методы, позволяющие просветлять мозг мыши — делать его прозрачным. (Большой вклад в разработку протоколов оптического просветления мозга внесла сотрудница лаборатории механизмов и технологий памяти отдела нейронаук Ольга Ефимова: <http://newlaboratoria.ru/vnedrenie/scientist/olga-efimova/>)

А чтобы зарегистрировать свечение отдельных клеток в трехмерном мозге и получать трехмерную карту элемента индивидуального опыта, отдел нейронаук Курчатовского института в сотрудничестве с нижегородским Институтом прикладной физики создали специальную установку, которая позволяет фотографировать прозрачный мозг мыши послойно, с разрешением до 0,5 мкм. Метод называется «лазерная плосколучевая оптическая томография» (ЛПОТ): плоский луч лазера движется через мозг, помещенный в ванночку, и возбуждает флуоресценцию в микронном слое. Из стопочки этих срезов можно реконструировать трехмерную кар-

тину. Зеленые точки в целом мозге — созвездие нервных клеток, активных в определенном поведенческом опыте.

Можно пойти и глубже — например, рассмотреть распределение флуоресцирующих клеток в гиппокампе, структуре, ответственной за формирование памяти («Химия и жизнь», 2011, № 8), найти в нем следы субъективного опыта, который получила мышь в последние минуты жизни.

Понятно, что живой мозг таким образом изучать нельзя, и это плохо. Когда нет возможности исследовать одно животное дважды, например в разных, но чем-то сходных ситуациях или в одной и той же, но в нескольких повторностях, — невозможно узнать, как формируются элементы когнитивного опыта, как они связаны между собой. Поэтому в отделе нейронаук Курчатковского института сейчас разрабатывают методы прижизненной регистрации свечения в глубине мозга, непосредственно в момент, когда животное получает тот или иной опыт. В мозг мыши вводят оптоволокно, легкий крепеж и длинный шнур не стесняют ее движений, и можно в течение нескольких дней следить, как меняется активность нейронов, например, при содержании мыши в темноте или стимуляции током.

Такая длительная регистрация позволяет выяснить, как перекрывается активность различных нейронов в разных эпизодах. Изучение таких нейронов может сыграть ключевую роль в построении теории мозга — вероятно, именно они отвечают за формирование связей между единицами когнитива. Сеть ассоциаций в нашем мозге может возникать именно благодаря «нейро-

нам-хабам», входящим более чем в одну функциональную систему.

К.В.Анохин с сотрудниками предлагают рассматривать ассоциативную память как линейную и нелинейную. Линейная ассоциативная память — то, что мы со школьной скамьи знаем как павловский условный рефлекс. Когда собака получает пищу и слышит звонок одновременно либо с очень маленьким временным интервалом, два сигнала «встречаются» в одной нервной клетке. Но есть и долговременная память, которая позволяет нам ассоциировать события, разделенные во времени. Это возможно благодаря долговременным изменениям в нейронах. Событие, активировавшее нервную клетку, оставляет в ней след, в каких-то случаях на всю жизнь — изменяется активность генов этого нейрона, изменяется синтез белков. (Формирование линейной ассоциативной памяти от активности генов, как правило, не зависит.) Второе воздействие накладывается на уже измененные свойства нейрона, и таким образом один элемент опыта связывается с другим, пусть даже их разделяют месяцы или годы. Активируясь в рамках одной функциональной системы, нейрон активирует и другую — мы вспоминаем нечто имеющее отношение к новому событию, адресация к одной системе включает и другие, апеллирует к прошлому опыту.

Вероятно, именно таким образом в когнитиве формируются модули, специализированные к накоплению информации определенного типа, — например, модули запоминания лиц или других объектов, принадлежащих к одному классу. Определенный



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

нейрон, участвующий в нескольких функциональных системах, которые объединены неким общим признаком, «накапливает» следы участия в каждой из ситуаций, и возникает явление, уже подтвержденное экспериментально, — когнитивная специализация нейронов.

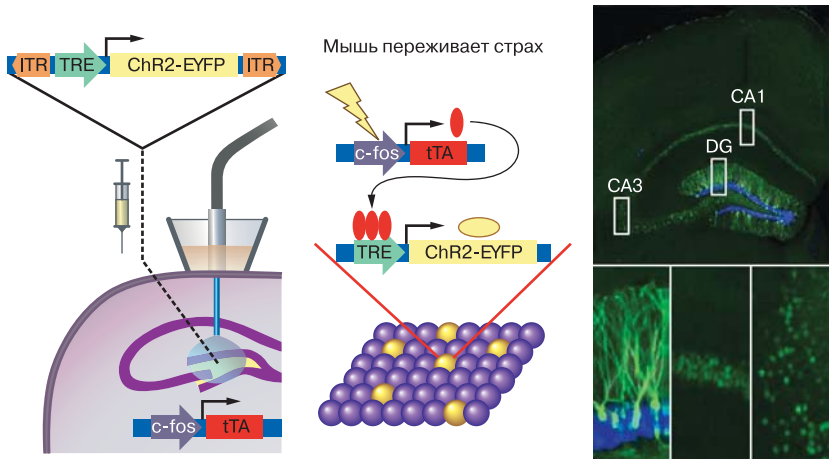
Читатели, вероятно, встречали новостные сообщения о «нейроне Мэрилин Монро» или «нейроне Билла Клинтона» (работы Родриго Квиана Квириго с коллегами из университета Лейчестера, Великобритании). Конкретный нейрон активируется в ответ на предъявление фотографии президента США, его имени в тексте, карикатуры на него, а возможно, и на предъявление фотографии Моника Левински, если участник эксперимента знает, кто эта девушка и чем она себя прославила. Наверняка и у кошки имеются «нейрон мыши», «нейрон собаки» и т.п. Но существуют и нейроны кваллий, категорий чувственного опыта, — так, в зрительной коре индивида, способного различать цвета, должен быть нейрон, который активируется при попадании в поле зрения красного объекта, чем бы этот объект ни был.

Возникает естественный вопрос: а что произойдет, если активировать клетки определенной функциональной системы? Почувствует ли кошка «призрак» мыши, а человек (пусть это будет фантастическое допущение — понятно, что такие опыты на людях невозможны) — фантом Билла Клинтона или Мэрилин Монро?

Синтетическая память

Технически это опять же вполне осуществимо. Можно подставить под регуляторные элементы раннего гена, активирующегося в нейроне при получении опыта, не ген флуоресцентного белка, а ген мембранного канала, который активируется светом. Если провести с таким трансгенным животным сеанс обучения, а потом «подсветить» его мозг с помощью того же оптоволокна — какова будет реакция?

Схема эксперимента, в котором у мыши активировалось воспоминание о страхе. У трансгенных мышей вместе с геном c-fos активируется также ген белка tTA. Этот белок, в свою очередь, взаимодействует с векторной конструкцией, которую вводят мышам в мозг, и в ней включаются гены флуоресцентного белка и ченневродипсина. Нейроны, в которых произошла активация (то есть те, которые «запомнили» страх), благодаря ченневродипсину повторно активируются при подсветке через оптоволокно, а благодаря флуоресцентному белку выглядят светящимися на микрофотографиях (справа)



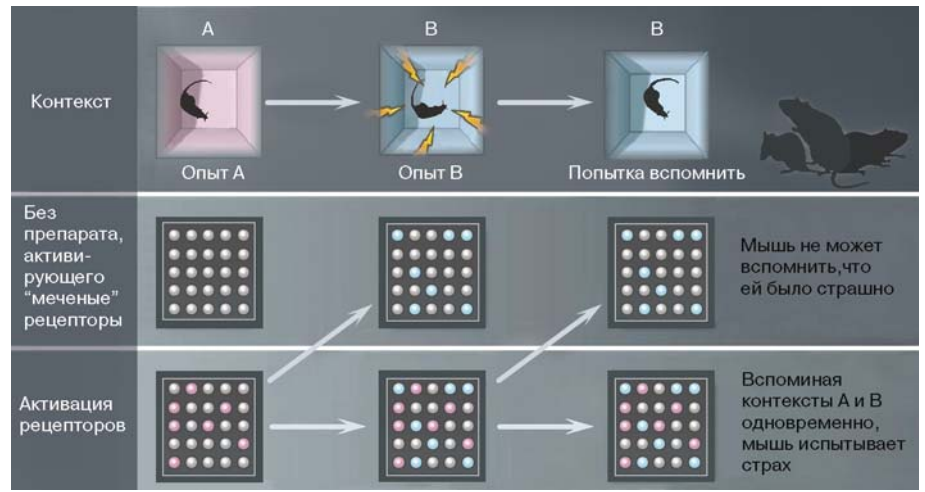


Ответ на этот вопрос дала работа, выполненная группой исследователей под руководством нобелевского лауреата Сусуму Тонегавы из Массачусетского технологического института (Xu Liu e.a., «Optogenetic stimulation of a hippocampal engram activates fear memory recall», «Nature», 2012, 484, 381–385, doi: 10.1038/nature11028).

У трансгенных мышей вместе с геном *c-fos* — тем самым, обнаруженным российскими учеными, — активировался ген ченнелродопсина (*channelrhodopsin* 2). Это белок одноклеточных зеленых водорослей — для фотосинтезирующих организмов светочувствительность очень важна — из того же семейства GPC-рецепторов, что и родопсин человеческого глаза (см. статью о Нобелевской премии по химии в прошлом номере «Химии и жизни»). Channel значит «канал», и действительно, ченнелродопсин, в отличие от других рецепторов семейства, — одновременно и рецептор, и канал, пропускающий ионы сквозь мембрану. Если эта мембрана нейрона, возникает деполяризация, то есть нейрон активируется. Что и требовалось получить: обучение «пометило» нейроны функциональной системы, заставив их синтезировать ченнелродопсин, и теперь именно этот нейронный контур можно включать по желанию экспериментатора, просто подавая свет на оптоволокно.

Мышей обучали бояться — помещали в незнакомую обстановку и ударяли током. В соответствующей группе клеток активировался ранний ген и синтезировался фоточувствительный ионный канал (см. рисунок на предыдущей странице). Затем мышь пересаживали в другую камеру, несхожую с первой на вид и на ощупь, и через оптоволокно освещали определенную область гиппокампа — зубчатую извилину; про нее известно, что она, помимо прочего, играет ключевую роль в запоминании пережитого страха. И мыши начинали бояться! Вероятно, им казалось, что они снова в той камере, где раньше испытывали неприятные ощущения в лапках.

Так исследователи установили существование паттерна страха — клеток, вовлеченных в запоминание конкретного неприятного эпизода. Активируя этот



паттерн, или функциональную систему, мы можем извлечь из хранилища воспоминания. Правда, сами исследователи воспользовались термином «энграмма», от греческого слова, означающего буквально «внутренняя запись». Этот термин предложил еще в начале XX века немецкий зоолог Рихард Земан для обозначения гипотетического следа памяти в мозге. Теперь слово «гипотетический» смело можно вычеркивать.

Печальная подробность: статья об искусственной активации страха была отправлена в «Нейчур» 1 ноября 2011 года, а 25 октября в своей комнате в общежитии МТИ был найден мертвым Сатто Тонегава, сын нобелевского лауреата. Одаренный первокурсник, окончивший школу с отличием и серьезно увлекавшийся музыкой, по неизвестной причине покончил с собой за несколько дней до своего девятнадцатилетия. Возможно, отключение болезненных воспоминаний по жизненно важным показателям — не такая плохая идея, как пишут фантасты? И в любом случае надо бы разобраться, что за программные сбои могут приводить юного человека к таким неправильным выводам...

Можно пойти еще дальше и генерировать в мозге подопытного животного синтетическую память — запись о том, чего не было. Такая работа тоже была опубликована весной этого года (Aleena R. Garner e. a., «Generation of a synthetic memory trace», «Science», 2012, 335, 6075, 1513—1516, doi: 10.1126/science.1214985). В этом опыте промотор *c-fos* управлял геном рецептора (снова из семейства GPCR!), который, реагируя с определенным химическим веществом, активировал нейрон. Такой трансгенной мыши позволяли обследовать безопасную камеру, а потом в другой обстановке давали ей препарат, активирующий рецепторы, и ударяли током. После этого мышь, снова помещенная во вторую камеру, испытывала страх только в том случае, если ей опять

Мышь получает удар током, и одновременно ей дают препарат, который активирует группу нейронов, отвечающую за память о другой обстановке. В результате у нее формируется «гибридная» память о страхе: снова оказавшись во второй камере, она не узнает ее без фармакологической стимуляции

давали препарат — без препарата она ее не узнавала. По-видимому, это значит, что у мыши формируется гибридное воспоминание — она запоминает не реальную камеру, а некую смесь реальных сенсорных сигналов и синтетических — «призрачных» элементов первой камеры.

Это далеко не все, о чем можно было бы рассказать, — каждая из упомянутых работ содержит обширный список литературы. С другой стороны, ясно, что исследования сети элементов индивидуального опыта делают лишь первые шаги. Мозг человека — самый сложный объект в известной нам части Вселенной, для его исследования требуются такие методы и такие вычислительные возможности, которых у нас пока нет. Но это не значит, что их не будет никогда. Удивительные открытия нам еще предстоят.

Что можно почитать о нейронауках и когнитивных науках

К.В. Анохин. Генные зонды для картирования нервных сетей при обучении. Принципы и механизмы деятельности мозга человека. Л.: Наука, 1989.

Эрик Кандель. В поисках памяти. Возникновение новой науки о человеческой психике. Перевод с англ. П.Петрова. М.: Астрель, Corpus. 2012.



Д. К. Самин

100 великих научных открытий
Вече, 2012

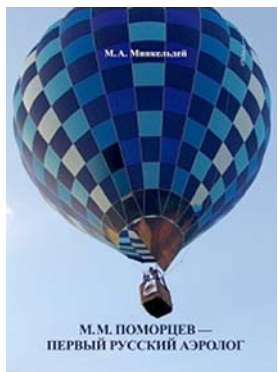
В пору становления науки ею занимались лишь увлеченные одиночки. Но именно научный метод преобразовал наш мир, и именно на основе успехов этого метода наука дала человеку власть над природой. И как бы ни развивалось человечество, оно всегда будет пользоваться плодами великих научных открытий. Новая книга известной серии «100 великих» представляет галерею триумфов человеческого разума: от закона Архимеда, великих прозрений Пифагора, догматов Аристотеля и Галена до квантовой механики, концепции Большого взрыва и теории прибавочной стоимости.



М. А. Минкельдей

М. М. Поморцев — первый русский аэролог
М. А. Минкельдей
Икар, 2012

Эта книга о судьбе великого русского ученого, посвятившего свою жизнь исследованию атмосферы — М. М. Поморцева. Она написана его внуком, М. А. Минкельдеем, и представляет интерес для самого широкого круга читателей, интересующихся историей воздухоплавания, развития техники, погодных прогнозов, течением научной мысли на рубеже XIX и XX столетий.



А. Л. Шамис

Вектор эволюции.
Либроком, 2012

В книге рассматриваются предположения о возможных механизмах направленной и прогрессивной эволюции, которые во многом опираются на идеи Эрвина Бауэра. Обсуждается и множество других тем, таких как жизнь, мышление, эволюция знания, информация, организация, социальная эволюция, а также состояние, перспективы и проблемы разработки искусственного мышления. Книга предназначена как для специалистов, так и для широкого круга минимально подготовленных читателей, интересующихся проблемами биологической эволюции, а также проблемами и перспективами создания искусственного мышления.



КНИГИ

В. С. Арутюнов, Н. С. Агамова, А. Г. Аллахвердян и др.; под ред. В. С. Арутюнова, Г. В. Лисичкина, Г. Г. Малинецкого

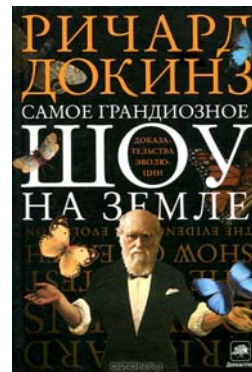
Наука России: от настоящего к будущему
Либроком, 2012



Российская наука переживает один из самых сложных периодов своей истории. Глубокая перестройка общества не могла не отразиться на состоянии науки. Сейчас требуется ее радикальная реформа с учетом новой роли и новых задач в новом государстве и радикально изменившемся обществе. А для этого нужен объективный анализ ситуации. Анализ тем более трудный, что государство и общество еще не определились в том, какая наука им нужна, чего они от нее ожидают, какую науку и в каком объеме готовы поддерживать. Именно научное сообщество, которое является элитой общества, носителем его интеллекта, должно выработать новое видение взаимоотношений науки и государства с учетом роли науки в современном мире и объяснить обществу и представляющим его интересы властным структурам ту выгоду, которую дает стране обладание развитой наукой. Авторы сборника — известные российские ученые и специалисты, представляющие разные области знания.

Ричард Докинз

Самое грандиозное шоу на земле:
доказательства эволюции
Астрель, 2012



«**Е**сть величие в этом воззрении», — говорил Чарльз Дарвин об эволюционизме. «Мы окружены бесчисленными формами жизни, самыми прекрасными, самыми изумительными, и это не случайность. Это прямое следствие эволюции путем неслучайного естественного отбора», — вторит ему автор книг «Эгоистичный ген», «Бог как иллюзия» и «Расширенный фенотип» Ричард Докинз. В своем новом труде всемирно известный ученый и популяризатор науки берет на себя роль конференсье в «единственном представлении самого грандиозного шоу — эволюции жизни на Земле. Он берется убедить любого непредвзятого читателя в том, что эволюция - это не «просто теория», а всесторонне подкрепленный доказательствами факт.

Эти книги можно приобрести в Московском доме книги.

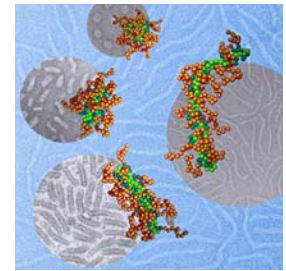
Адрес: Москва, Новый Арбат, 8, тел. (495) 789-35-91

Интернет-магазин: www.mdk-arbat.ru

Значение формы

Наночастицы-червяки лучше проходят внутрь клетки.

Генетическая терапия — доставка внутрь большой клетки фрагмента ДНК или РНК, обеспечивающего синтез необходимого белка, который сама клетка из-за генетического дефекта синтезировать не может. Предполагается, что в XXI веке так будут лечить многие наследственные заболевания. Однако сам способ доставки генетического материала внутрь клетки до совершенства не отработан. Одно время считалось, что удастся обойтись прирученными вирусами, но потом энтузиазм пошел на убыль — многие исследователи считают этот способ небезопасным. Есть и другой подход — запаковать ДНК в полимерную оболочку, имитирующую вирус: клетка ее проглотит, полимер в цитоплазме распадется и начнется долгожданный синтез.



Доцент Мао Хайцюань из Института Джонса Хопкинса уже десять лет разрабатывает такие наночастицы и наконец задался вопросом: а какую форму следует им придавать?

В его опытах частицы принимали форму длинных тонких червячков, шаров и коротких стержней.

С помощью коллег из Северо-Западного университета, которые не один месяц вели расчеты методом молекулярной динамики на университетском суперкомпьютере, удалось определить, как состав и концентрация растворителя, взаимодействующего с ДНК в процессе приговления частиц, влияя на их форму. После этого появилась возможность создавать частицы не той формы, какая получается, а той, какую хотят исследователи. Дальнейшие опыты показали, что разница огромна: частицы-червяки поглощаются клеткой в 1600 раз более эффективно, чем частицы других форм, — именно во столько раз увеличилась экспрессия гена в экспериментальных клетках печени. Это открытие позволит существенно ускорить работы по созданию генетических лекарств и, скорее всего, значительно снизит их немалую стоимость за счет уменьшения необходимой дозы.

«Advanced Materials»,
12 октября 20120
года; doi:10.1002/
adma.201202932

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

Сумеречная батарея

Создана органическая солнечная батарея, которой хватает и слабого света.

Органическую, или полимерную, солнечную батарею легко напечатать, она не содержит дефицитных металлов, а вес ее гораздо меньше, чем у кремниевой. Соответственно меньше и цена. Однако сделать значительный выход электричества из полимера долго не удавалось, и такие батареи служили скорее для демонстрации возможностей, чем для чего-то полезного. Исследователи из Университета Уорвика во главе с доктором Россом Хаттоном наконец-то придумали высоковольтную органическую батарею. Будучи размером с кредитную карту, она способна выдавать напряжение свыше 7 В — больше, чем требуется для подзарядки литий-ионного аккумулятора. И для этого не нужно яркого солнца: батарея работает в полусумраке квартиры или вагона метро. В результате владелец устройства для чтения электронных книг, даже уютно устроившись осенним дождливым вечером на диване, сможет располагать надежным источником электропитания для подзарядки аккумуляторов.

«Теперь надо наладить промышленную технологию изготовления таких зарядных устройств и начать их продажу. Мы собираемся сделать это с помощью университетского малого предприятия "Molecular Solar"», — говорит доктор Хаттон.

Агентство
«Alpha Galileo»,
11 октября 2012 года

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

Просто добавь воды...

Фруктовые порошки могут стать прекрасной добавкой к пище.

В Испании растет много фруктов, но далеко не весь урожай удается в свежем виде продать северным соседям, лишенным возможности круглый год выращивать грейпфруты, киви или клубнику. Чтобы снизить потери урожая, надо какую-то его часть перерабатывать на месте, а затем в подлежащем длительному хранению виде отправлять за рубеж. Исследователи из Политехнического института Валенсии придумали, как получать порошки фруктов: они мелко размалывают плоды, распыляют полученную массу и сильно охлаждают. Лиофильная сушка мелких частиц сохраняет витамины. Размалывать фрукты не обязательно, можно сушить с применением холода тонкие ломтики.

Испанцы создали технологии для трех продуктов: фруктового порошка, который можно добавлять в разную еду, от йогуртов и соусов до чая и сока, фруктовые покрытия для крупных частиц какой-либо другой еды, например сухого завтрака, и уже упомянутые ломтики. Помимо сохранения урожая важен выигрыш при транспортировке: стограммовый грейпфрут превращается в 10—15 граммов порошка, который еще и места занимает гораздо меньше.

Наверное, если такая технология войдет в употребление, с упаковки многих продуктов может исчезнуть нелюбимая покупателями надпись: «Ароматизатор, идентичный натуральному». И еще один плюс — возможность переработки экзотических плодов, плохо переносящих перевозку даже на небольшие расстояния: испанцы ведут переговоры с колумбийцами об использовании фруктов и ягод, произрастающих в этой стране.

Агентство
«AlphaGalileo»,
16 октября 2012 года

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

Гены психоза

При определенном генотипе риск заработать психоз от курения конопли возрастает в семь раз.

Конопля победно шествует по миру. Страна за страной признает ее легким наркотиком, приносящим такой же вред здоровью, как и крепкий алкоголь, и соответственно разрешает ее открытую продажу. С другой стороны, на основе алкалоидов конопли делают лекарства. А значит, необходимо досконально разобраться в механизме их взаимодействия с человеческим организмом и оценить все риски.

Медикам известно, что курение конопли может приводить к шизофрении и другим психическим расстройствам. Исследователи из лондонского Института психиатрии во главе с доктором Мартой Ди Форти решили выяснить, отчего некоторые курят коноплю годами и ничего такого с ними не случается, в то время как их товарищи быстро становятся клиентами этого института. Они предположили, что тут может быть задействована особая форма гена, кодирующего белок Akt1 — RAC-альфа-серин/треонин-протеинкиназу. Он участвует в сигнальной цепи гормона удовольствия дофамина, а эта цепь при психозе подвергается изменениям.

Исследователи отобрали 489 добровольцев, уже испытавших первый приступ психоза, и 278 здоровых людей. Их сравнение показало, что у носителей определенного варианта гена, кодирующего Akt1, если они иногда курят коноплю, риск психоза возрастает двукратно, а если каждый день — то семикратно. Интересно было бы посмотреть, есть ли разница в частоте вариантов гена между народами, издавна курящими коноплю, и теми, кто только приучается к ней, — очевидно, что у первых некоторые генотипы должны были элиминироваться, обеспечивая оставшейся популяции достаточную устойчивость к одуряющему куреву, а у вторых процесс такой элиминации только начинается.

«Biological Psychiatry»,
2012, 72 (10)

Паучья пещера

В лаосской пещере нашли огромное сенокосца.

Доктор Петер Ягер из Франкфуртского Исследовательского института Шенкенберга приехал в Лаос с телевизионной командой для съемок фильма о насекомых этой страны. Пользуясь случаем, он изучал обитателей пещер. И однажды обнаружил паука-сенокосца с размахом ног 33 см. Это всего на сантиметр меньше, чем у южноафриканского сенокосца-рекордсмена.

А дальше Ягера ждало разочарование: не будучи специалистом по сенокосцам, он не смог определить его видовую принадлежность. Более того, никто из коллег был не в силах ему помочь. «У нас нет специалистов для этого, потому что описательная таксономия больше не привлекает грантовое финансирование», — объясняет Ягер. Так и остался тот сенокосец безымянным. Сейчас доктор Ягер изучает систематику этой группы паукообразных, чтобы исправить досадный промах.

Лаосские же пещеры подтвердили свою репутацию оазиса гигантских насекомых: ранее там нашли паука *Heteropoda maxima* с размахом ног 30 см, скорпиона *Typopeltis magnificus* (26 см) и хищную многоножку *Thereuopoda longicornis* (40 см). В чем причина гигантизма лаосских членистоногих, пока непонятно. Неясно также, что ограничивает дальнейший рост — нехватка кислорода в организме или механика (слишком длинные ноги мешают быстрой охоте).



Агентство
«Alpha Galileo»
16 октября 2012 года

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

Услышать сны

Сон, обращенный в музыку, можно теперь послушать в Сети.

Фантасты утверждают, что в будущем удастся заказывать сны или просматривать уже снявшееся, для чего применяют широкий арсенал методов — от ворожбы до изощренных способов расшифровки энцефалограмм. В реальности ученые до такого совершенства еще не дошли, но способ перевести сон на музыку уже придумали.

Группа исследователей из Хельсинкского университета во главе с профессором Ханну Тойвономом предлагают для этого подложить под матрас кровати чувствительный датчик движений. Он улавливает биения сердца, дыхание лежащего на матрасе человека, фиксирует его движения и по этим характеристикам определяет стадии сна. Программное обеспечение сжимает зафиксированные за ночь данные и по определенным правилам преобразует их в мелодию, которая длится несколько минут. Жители Хельсинки могут сами поучаствовать в эксперименте, остальные же — послушать чужие сны, выложенные по адресу <http://sleepmusicalization.net/>.

Агентство
«NewsWise»,
28 сентября 2012
года

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

Архитектурный охладитель

В традиционном средиземноморском патио воздух гораздо холоднее, чем снаружи.

В старину, когда кондиционеров не было, от жары спасались с помощью правильной конструкции здания. Например, путешественники не устают удивляться одной из галерей в пекинском Запретном городе: казалось бы, просто проход с крышей, нет никаких стен. Однако в галерее прохладно, а стоит протянуть руку между колоннами, и убеждаешься, что на улице настоящее китайское пекло.

На юге Европы от жары помогали патио — закрытые двory в внутренних галереях. И так продолжалось тысячи лет. Теперь, в индустриальную эру, древнее искусство забылось, и архитекторы вообще не проектируют двory или накрывают их стеклянными крышами, а на крышу вешают кондиционеры.

Архитектор Хуан Мануэль Рохас из Университета Севильи решил разобраться в этом вопросе и с помощью коллег построил математическую модель циркуляции воздуха в патио. Оказалось, что в жаркий испанский полдень там формируются мощные восходящие потоки, которые отправляют горячий воздух вверх и подтягивают холодный воздух снизу. В результате внутри двора температура может быть на девять градусов ниже, чем снаружи! Если использовать этот холодный воздух, то потребность в кондиционерах существенно падает. По проекту архитектора был оборудован отель в Малаге, и его хозяин тратит на энергию для кондиционеров гораздо меньше денег, чем его соседи, построившие современные параллелепипеды из стекла и бетона.

«Мы проанализировали традиционные здания в Испании и Италии и пришли к выводу, что наши предки установили идеальные пропорции внутренних дворов для разных климатических поясов: чем южнее, тем выше должны быть стены и уже двory, — отмечает Хуан Рохас. — Что же касается застекленных крыш над дворами, то это решение годится разве что для Северной Европы». Еще дальше, к северо-востоку, он не забирался, а то бы, наверное, рассказал нашим градостроителям, отчего на Руси у белокаменных зданий стены были толстые, а окна маленькие, то есть совсем не такие, как диктует нынешняя мода.



«Energies», 2012,
5 (7), 2381—2403;
doi: 10.3390/
en5072381

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

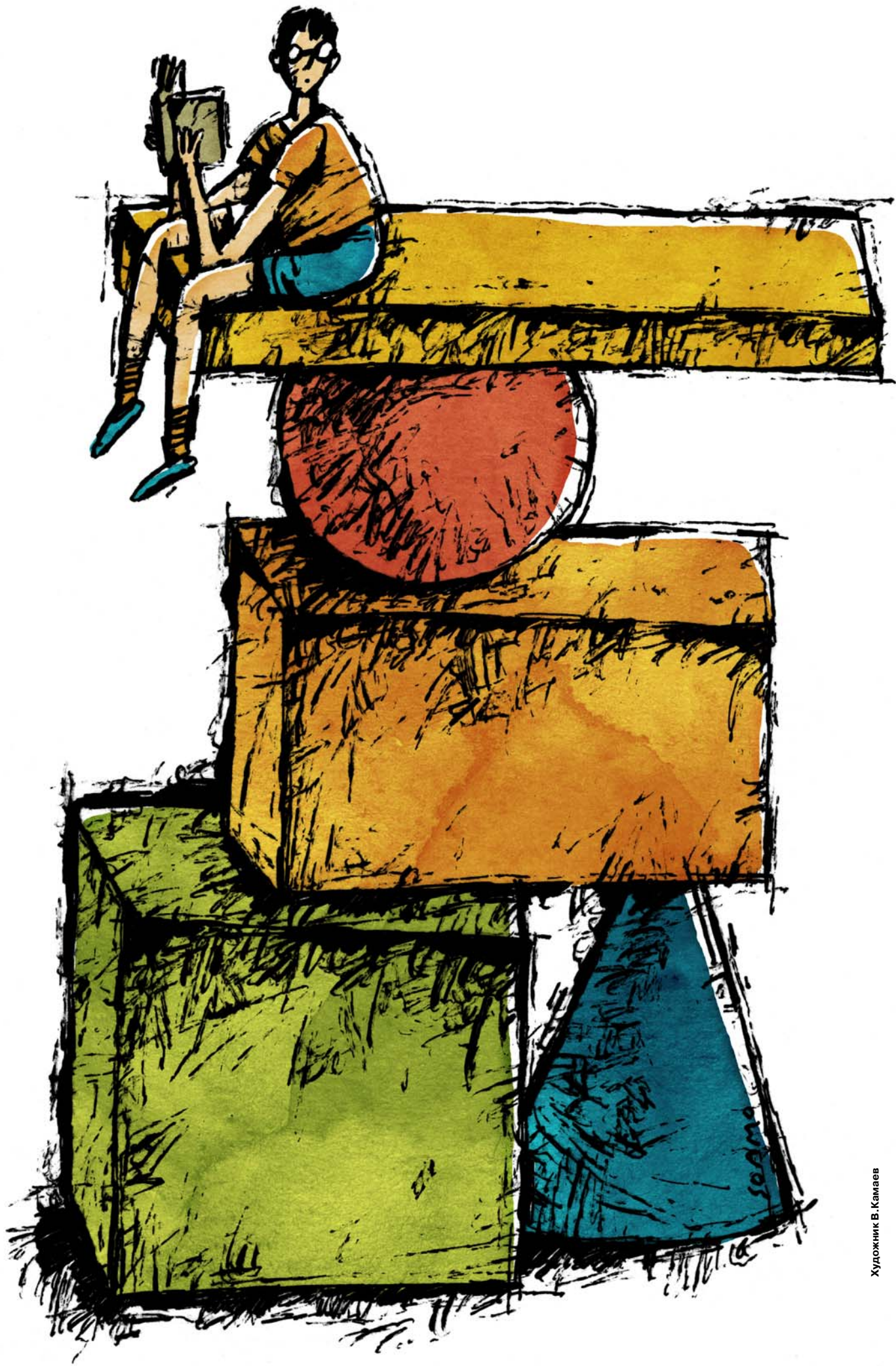
Комар в тумане

Сверхмелкие капли, в отличие от больших, мешают полету комара.

О том, что изворотливому комару капли дождя не помеха и он в них фактически плавает, миру поведали сотрудники Технологического института Джорджии во главе с доцентом Дэвидом Ху («Химия и жизнь», 2012, № 7). Однако любознательные американцы на этом не остановились и решили узнать, а как летает комару в тумане, о чем рассказали на 65-й конференции Американского физического общества в ноябре 2012 года. Оказалось, что летает очень плохо.

Капля тумана для комара — все равно что дождинка для человека. Крылья у насекомого, как и все тельце, гидрофобны, поэтому, казалось бы, лети себе — ничего не пристанет, вода не лед, нарастающий на фюзеляже самолета. Ан нет: мелкие капли дестабилизируют полет. Для стабилизации у двукрылых насекомых служат жужжальца — видоизмененная пара «дополнительных» крыльев. У комара они двигаются в противофазе с настоящими крыльями, чем и обеспечивают стабилизацию с помощью силы Кориолиса, которая возникает у вращающегося объекта и направлена перпендикулярно оси вращения. Трепещут комариные жужжальца с частотой 400 раз в секунду и при каждом взмахе сталкиваются с тысячами водяных капелек. В результате они сбиваются, и комар лететь не может. Отсюда мораль: для защиты от комаров могут пригодиться экраны из тумана. Такие экраны уже существуют, правда, используют их для проецирования изображения.

Агентство
«NewsWise»,
16 ноября 2012 года



Инструктивизм и конструктивизм

Кандидат химических наук

Д.М.Жилин



ОБРАЗОВАНИЕ

Споры о том, чему учить и как учить в школе, давно и активно идут на Западе. До России соответствующие идеи доходят с огромным опозданием, в усеченном и искаженном виде. Их вырывают из контекста и пытаются бездумно привить на российскую почву, хотя многие из них уже показали свою не состоятельность или ограниченную применимость. Для того чтобы не наступать на грабли, по которым уже прошли американцы и европейцы, имеет смысл познакомиться не только с идеями, касающимися стратегий обучения, но и с их критикой, а также опытом их применения.

Инструктивизм и конструктивизм. Что это такое?

Можно выделить две стратегии обучения. Первая исходит из того, что знания, набор фактов и процедур, должны передаваться от учителя к ученику. Эту стратегию мы будем называть инструктивизмом. Альтернативная посылка – знание формируется в уме учащегося. Исходящая из нее стратегия называется конструктивизмом.

Чем различаются эти стратегии? В первую очередь – центральными объектами. Для инструктивизма это – содержание образования, а для конструктивизма – учащийся. При этом считается, что познавательные способности развиваются спонтанно, вместе с естественной траекторией развития личности, а оптимальное образование должно привести их в гармонию.

Различаются стратегии и операционально. В рамках инструктивизма деятельность ученика постоянно сопровождается инструкциями, которые помогают усвоить понятия и процедуры. Причем понятие «инструкция» здесь трактуется предельно широко: это не только указания, как надо действовать, но и рассказ о чем бы то ни было. На конструктивистском полюсе оказывается учебная среда или исследовательский контекст, которые направляют учеников на самостоятельное получение знаний, конструирование теорий и разработку умений.

Соответственно инструктивисты уделяют основное внимание разработке учебных материалов и способам их наиболее эффективной подачи. Конструктивисты же обращают внимание на организацию познавательного процесса и создание необходимой образовательной среды.

В рамках инструктивистского подхода основная роль учителя – наставлять учеников и проверять, как они следуют инструкциям или их воспроизводят. Иными словами – передача информации и контроль качества этой передачи. В рамках кон-

структивистского подхода роль учителя сводится к помощи в поиске информации и разрешении проблем.

Инструктивисты обращаются к когнитивным теориям, так или иначе описывающим процесс познания. Конструктивисты же рассматривают обучение в тесной связи с развитием учащихся, поэтому пользуются в первую очередь теориями индивидуального развития.

И наконец, коль скоро в рамках инструктивизма знания передаются, значит, знания объективны, то есть их структура не зависит от их носителя. В конструктивизме же знания рассматриваются как инструмент взаимодействия с миром и хороши в том случае, если они позволяют достичь каких-либо целей. В рамках конструктивизма нет «правильных» и «неправильных» теорий, есть теории, соответствующие и не соответствующие реальности.

Поэтому инструктивизм требует воспроизведения знаний, то есть фактов и процедур, а конструктивизм полагает заучивание информации бессмысленным – ни один параграф ни в одном учебнике не представляет и не может представлять истинное знание. Лучший способ проверки знаний в рамках конструктивизма – решение разного рода задач, в том числе практических.

Все мы окончили школу и знаем, чему и как нас учили. Если же наш школьный опыт описать в рассматриваемых терминах, то те, кто окончили школу до 1990 года, знаком со стратегией инструктивизма, а те, кто учился в девяностых и двухтысячных, в той или иной мере испытали на себе влияние конструктивизма.

Борьба

Вопрос, что было первым – инструктивизм или конструктивизм, – сродни спору о курице и яйце. Наверное, первым документально зафиксированным конструктивистом был Сократ, ибо «Диалоги», которые Платон ему приписывал,

Сравнение инструктивизма и конструктивизма

Критерий	Инструктивизм	Конструктивизм
Основная посылка	Знания передаются от учителя к ученику	Знание формируется в уме ученика
Центральный объект	Содержание обучения	Учащийся
Роль учителя	Передача знаний	Создание ситуаций, стимулирующих познавательную активность
Средство обучения	Инструктивные материалы	Образовательная среда
Пути повышения эффективности обучения	Организация передаваемой информации	Организация познавательной деятельности
Психологические теории, лежащие в основе	Когнитивные теории	Теории индивидуального развития
Требование к знанию	Знание объективно (воспроизводит структуру реальности)	Знание субъективно (отражает реальность, подходит к ней «как ключ к замку»)
Контроль знаний	Воспроизведение возможно большего количества фактов и процедур	Решение задач

можно считать образчиком формирования знаний в голове учащегося. Сократики считали, что знание есть личностный опыт и что причина обучения важнее содержания. До сих пор сократический метод (метод диалога, в котором учитель подводит ученика к пониманию слабости или внутренней противоречивости тех или иных его представлений) используется конструктивистами в индивидуальном обучении. Современники Сократа — софисты, наоборот, полагали, что знание может быть передано, то есть выступали как инструкторы.

В Средние века обучение было насквозь инструктористским. Единственным источником знания тогда считались священные книги, в которых искали ответы на все вопросы (например, «сколько зубов у лошади»). Эпоха Возрождения ввела в науку эксперимент, тем самым ограничив роль текстов (инструкций) как источника знаний. Знание перестало быть чем-то застывшим и получило возможность конструироваться (пока что в науке, а не в головах учеников).

Термин «конструктивизм» ввел в 1710 году итальянский мыслитель Джамбаттиста Вико в трактате «De Italorum Sapientia», однако сами идеи он скорее изложил, чем придумал. Конструктивистские идеи, базирующиеся на «природосообразном» саморазвитии учащихся, развивал швейцарский педагог Иоганн Песталоцци (1746—1827). Однако система образования в те времена по-прежнему оставалась инструктористской. Это вошло в противоречие с работой самих ученых, развивавших науку: инструкций, содержащих новое знание, не существует, поэтому новое знание в любом случае конструируется.

Практическое преодоление инструктористской стратегии началось в конце XIX века. В России идеи конструктивизма (не называя их так) продвигал Л.Н. Толстой, основав школу, предполагающую свободное развитие природных способностей детей. В США идеологом конструктивизма выступил американский философ Джон Дьюи, оказавший огромное влияние на советскую школу 20-х годов. Однако в 1931 году в Советском Союзе все конструктивистские эксперименты были резко свернуты. Это было обосновано тем, что «обучение в школе не дает достаточного объема общеобразовательных знаний и неудовлетворительно разрешает задачу подготовки (...) грамотных людей, хорошо владеющих основами науки» (Постановление ЦК ВКП(б) «О начальной и средней школе» от 5 сентября 1931 г.) К сожалению, опыт внедрения конструктивизма в СССР до сих пор не изучен, и зерна от плевел не отделены — эта тема еще ждет своего исследователя.

Что касается США, то там к 1940-м годам широко распространились так называемые прогрессивные школы (в основном среди частных учебных заведений). Однако к 50-м годам прогрессивное обучение практически умерло. С одной стороны, изначальная идея была выхолощена: официальной целью социального развития ребенка стала «приспособленность к жизни». С другой стороны, в обществе поднялся вал критики системы образования, которая после запуска Советским Союзом искусственного спутника приобрела характер истерии.

Тем не менее в 60-х годах конструктивизм вновь ожил настолько, что к концу XX века конструктивистская идеология проникла в национальные образовательные стандарты США. В ответ возникло настолько ожесточенное сопротивление, что стали говорить о «научных войнах». Вслед за США в 1990-е годы конструктивистские идеи стали проникать и в национальные образовательные стандарты других англоязычных стран — ЮАР, Новой Зеландии, Канады, а также европейских стран. Конструктивистские идеи активно продвигают (но при этом проверяют) в Турции.

Второй переход от инструкторизма к конструктивизму связывают с переходом от индустриальной экономики к экономике знаний. Утверждается ведущая роль творческих способностей и изобретательности, для чего требуются глубокое усвоение основных понятий и творческая работа с

ними. Адепты конструктивизма утверждают (как правило, не приводя доказательств), что инструкторизм не способствует их развитию.

Теракты 11 сентября 2001 года нанесли серьезный удар по конструктивизму в США. Значительное число американцев вдруг осознало, что «их враги гораздо изобретательнее, чем они сами». Тем не менее американская система образования остается ныне в значительной мере конструктивистской. Еще более конструктивистский характер носят системы, грубо скопированные с американской, в частности система образования ЮАР.

История показывает, что выбор между двумя стратегиями во многом обусловлен системой ценностей общества и власти, в первую очередь в области свободы личности. Так, «прогрессивные» школы впервые возникли в США — стране, в которой свобода личности издавна занимает важное место среди общественных ценностей. В Европе то же самое случилось после Второй мировой войны. В СССР пик конструктивизма пришелся на послереволюционную вольницу и на время перестройки, когда свобода личности представлялась наивысшей ценностью.

Из этого следует, что мода на конструктивистский или инструктористский уклон зависит не столько от их педагогической целесообразности, сколько от настроений общества, в большинстве своем состоящего не из педагогов. А значит, профессиональное сообщество вынуждено четко отделять педагогическую целесообразность от общественной моды (безусловно, учитывая культурный контекст). Но проверить педагогическую целесообразность можно только экспериментально.

Это, видимо, начинают понимать чиновники высокого уровня. Так, американское Министерство образования озабочилось эффективностью образовательных моделей и их экспериментальной проверкой, учредив Центр качества современной школьной реформы (Comprehensive School Reform Quality Center, CSRQC). Центр исследует имеющиеся модели образования и вырабатывает рекомендации. В число рекомендуемых моделей попадают как конструктивистские, так и инструктористские. В Великобритании развитие идей доказательной педагогики вылилось в Программу исследований обучения (Teaching and Learning Research Program), в результате которой были сформулированы «десять принципов эффективной педагогики», устанавливающие рамки для сравнения двух стратегий.

Критика

Поскольку критика инструкторизма возникла раньше, мы начнем с нее. Важнейшее положение этой критики заключается в том, что «школы берут науку взрослых, материал, не имеющий никакого отношения к нуждам развивающегося организма, и пытаются навязать это детям». Здесь вопрос касается, по сути, не столько стратегии обучения, сколько содержания образования. Джон Дьюи разрабатывал такую систему, в которой учащийся сам выбирал, что ему требуется, а такая система возможна только на основе конструктивизма. С другой стороны (и это возражение на Западе не звучало), как показали экспериментальные исследования американского психолога У.Г. Перри и его последователей, для школьников существуют лишь «правильные» и «неправильные» знания. Поэтому конструктивистская идея относительности знаний противоречит возрастной психологии.

В России Л.Н. Толстой отмечал, что в сочинениях крестьянских детей можно найти «такую сознательную силу художника, какой по всей своей необъятной высоте развития не может достичь и Гете». Поэтому он предлагал давать всяческий простор детскому творчеству, не исправляя даже орфографические ошибки. Эту позицию критиковал Л.С. Выготский,

утверждавший, что «стихийная сила творчества, хотя и способна создать образцы величайшего напряжения, тем не менее навсегда обречена оставаться в узком кругу самых элементарных, примитивных и, в сущности, бедных форм».

В качестве ответной критики инструктористы ставят под сомнение романтическое, восходящее к Ж.-Ж. Руссо утверждение, что «все естественное есть благое». Действительно, можно назвать множество примеров, когда искусственные системы (например, самолет) оказывались принципиально эффективнее естественных (птицы). Многие конструктивистские модели обучения предполагают свободный выбор учащихся, однако дети выхватывают все самое простое, что полностью разрушает системность знания.

Еще одно критикуемое положение инструкторизма — представление, что изначально мозг учащегося пуст и его нужно наполнить знаниями. Это представление противоречит исследованиям, показавшим, что человек приходит в школу с многочисленными сформировавшимися представлениями. Впрочем, на наш взгляд, наличие таких представлений никак не противоречит основному положению инструкторизма (знания содержатся в голове учащегося), и здесь спор может идти только о границе терминов «знание» и «представление».

Противники инструкторизма, ссылаясь на опыт учителей, утверждают, что «учиться не значит научиться». То есть передача знаний далеко не всегда происходит, и с этим может согласиться, пожалуй, каждый практикующий учитель. Однако утверждение, что она не эффективна никогда, более чем спорно. Когнитивная наука, на которой базируется современный инструкторизм, как раз и решает задачу (в том числе экспериментально), как сделать передачу знаний максимально эффективной.

Серьезная критика конструктивизма началась в США в 50-е годы. Тогда она сводилась к тому, что «учить думать просто, а научить алгебре гораздо сложнее». Но позднее она стала более фундаментальной. Одной из самых слабых претензий конструктивизма оказалось «развитие творческих способностей». Надежных методов оценки этих способностей так и не предложили, а значит, оценить их развитие оказалось невозможно. При этом опрос творческих личностей (ученых, музыкантов, художников) показывает, что важным условием креативности оказывается хорошее знакомство с полем своей деятельности, а это — вотчина инструкторизма.

Углубление идей конструктивизма привело к мысли, что нужно учить не фактам, а способом их получения, ибо заучить все факты невозможно. Поэтому инструктористский подход, согласно которому знание — это только то, что студент может применить без всяких внешних ресурсов, следует отвергнуть. При помощи информационных технологий можно легко найти всю необходимую информацию, чему и надо учить. Надо лишь развивать умение задавать вопросы, анализировать, синтезировать, интерпретировать, строить аналогии и решать задачи.

Однако против этого сформулировано серьезное возражение, основанное на результатах когнитивных исследований. Они показывают, что все вышеперечисленные надпредметные умения можно сформировать только на основании широких знаний в соответствующей предметной области. Предметные знания и надпредметные умения не противоречат друг другу, а обуславливают друг друга. Что же касается фактов, то, чтобы их понять, человек должен обладать знаниями фактов, на которых этот факт основывается, — понять незнакомую область «с нуля», просто просматривая информацию о ней, невозможно. Те, кто в это не верит, могут попробовать, например, построить график распределения концентрации соли, диффундирующей в воду с поверхности кристалла, через десять минут после приведения их в соприкосновение. Кроме того, если человек вынужден искать значение какого-то слова в тексте, происходит расщепление внимания, что затрудняет



процесс познания. В результате получается парадоксальная ситуация: много знающий узнает из новых текстов больше, чем мало знающий.

Экспериментальная проверка

Понятно, что умозрительные рассуждения не позволяют сделать однозначный выбор между конструктивизмом и инструкторизмом. Может быть, экспериментальное сравнение двух стратегий расставит все по своим местам?

Развитие конструктивистского подхода в США началось с сугубо экспериментального факта — детям было скучно на уроках, учеба вызывала напряжение и у школьников, и у учителей. В результате была разработана программа обучения, которую каждый ребенок намечал себе сам, «исходя из действительной жизни». Иными словами, ребенок занимался тем, что его интересует («метод проектов»). И в самом деле, дети стали учиться без понуканий. Правда, в результате проектного обучения «спали чары» с академических предметов, а школьники подались в так называемые непрестижные профессии: кочегар, плотник, слесарь, продавец, парикмахер... Значит, метод проектов хорош для подготовки к профессиям, требующим деятельности, но не требующим фундаментальных знаний.

Конструктивистскую стратегию, получившую название «базирование на результате», использовали в системе образования ЮАР. Содержание из курсов было выхощено, а формальное инструктирование по отдельным предметам заменено личностно ориентированным обучением через интегрированные проекты. Основная задача такого обучения — воспитать людей, умеющих решать задачи и критически мыслить.

Эта стратегия была принята в 1998 году, но уже в 2001-м пришлось признать, что она не достигла своих целей — академические успехи учеников резко снизились. Надо заметить, что здесь налицо явное ценностное несоответствие стратегии обучения и критерия ее эффективности, поскольку для конструктивизма академические достижения не представляют ценности. Как бы то ни было, стратегию смягчили: учителя по-прежнему остались «посредниками в учении», но был введен более строгий контроль содержания, в частности, в форме новых образовательных стандартов. В 2005 году власти пошли еще дальше в сторону инструкторизма, заявив, что школы должны вернуть слово «учительство», понимая его как организацию систематического обучения, хотя система по-прежнему остается личностно ориентированной.

Помимо «полевых наблюдений», описанных выше, проводилось сравнение стратегий в контролируемых условиях. Крупнейшее такое исследование за всю историю педагогики получило название «Продвижение» (Follow Through). Его проводили с 1967 по 1995 год в США под эгидой Министерства образования. В нем приняло участие более 75 000 детей от детского сада до 3-го класса школы. Были сопоставлены результаты девяти моделей обучения математике, чтению и

письму. Результаты оценивали тестированием по трем группам параметров: базовые навыки (умение соотносить звуки и буквы, словарный запас, идентификация слов, способность к устному счету, правописание, умение решать математические задачи); познавательные навыки (понимание написанного, понимание принципов и соотношений в математике, использование рассуждений с числами); эмоциональные навыки (отнесение своих удач или неудач на собственный счет или счет внешних сил; самооощущение). Участники получали входные тесты, а затем тестирование проводили каждую весну.

Для каждой школы, в которой использовали какую-то из моделей обучения, подбирали в том же районе школу с традиционным обучением. Из исследованных моделей три можно считать вполне инструктивистскими. Они были объединены в группу «моделей базовых навыков». Три другие модели были объединены под названием «модель познавательных навыков». И наконец, три последние объединялись в группу моделей эмоциональных навыков. Тесты проверяли все три типа навыков.

Результаты показали, что единственная модель, которая способствовала развитию всех групп навыков по сравнению с традиционным обучением, — модель прямого инструктирования. Две другие модели развития базовых навыков, как ни парадоксально, показали только рост эмоциональных навыков. Модели, базирующиеся на развитии собственного интереса школьников и ответственности за обучение, оказались категорически неэффективны по сравнению с традиционной.

В 2002 году американский Центр исследований по образованию учащихся группы риска (CRESPAR) опубликовал метаанализ публикаций на интересующую нас тему. Авторы собрали литературные данные по 29 моделям обучения и, обработав их разными статистическими методами, составили рейтинг их эффективности. На первом месте оказался все тот же метод прямого инструктирования. Также достоверно эффективной была признана Школьная развивающая программа, направленная на организацию сотрудничества между

учителями, учащимися и родителями, но при этом уделяющая внимание содержанию образования с точки зрения потребности в развитии (то есть явно конструктивистская). И наконец, третьей достоверно эффективной программой была признана «Успех для всех», базирующаяся на кооперативном обучении и (внимание!) эффективных инструкциях. Иначе говоря, эта программа сочетает (и, судя по результатам, весьма успешно) инструктивистскую и конструктивистскую стратегии.

Единство

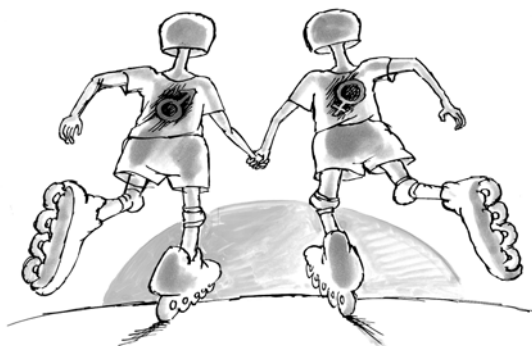
Эффективность модели «Успех для всех» заставляет внимательно приглядеться к каждой из позиций «конструктивизм — инструктивизм», приведенной в таблице. Тут-то и оказывается, что элементы каждой противоположности друг без друга немислимы.

Так, центральный объект одной стратегии — содержание образования, а другой — учащийся. Но само по себе содержание образования без учащихся теряет смысл. Передача знаний немислима без организации процесса их усвоения, а для организации познавательного процесса учащийся должен получать информацию (от учителя или от внешней среды — вопрос второстепенный). В отрыве от образовательной среды инструктивным материалам не найдется применения, а без инструктивных материалов в образовательной среде учащийся далеко не всегда будет понимать, что ему делать. Трудно вообразить себе познание, которое не приводит к индивидуальному развитию, равно как и индивидуальное развитие, не сопровождающееся получением и структурированием новой информации. Что касается объективности и субъективности знаний, то при любом раскладе знания должны как-то соотноситься с реальностью, а в какой мере они ее воспроизводят и в какой отражают — дело десятое. И наконец, вряд ли можно решить задачу, не зная ни одного факта.

Конструктивисты считают, что основной источник конструируемых знаний — опыт чувственного взаимодействия

О подписке

Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции. Стоимость подписки на первое полугодие 2013 года с доставкой по РФ — 780 рублей, при получении в редакции — 540 рублей. Об электронных платежах см. www.hij.ru.



Реквизиты:

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



Об архиве

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



с окружающим миром. Но ведь источником чувственного восприятия может быть и книга, и рассказ, и тому подобное, то есть разновидность инструкции. Более того, ключевые разделы естественных наук (например, строение атома) вряд ли можно сконструировать на основе чувственного восприятия (по крайней мере, я не встречал работ, где конструктивисты описывали бы повторение со школьниками опыта Резерфорда и интерпретацию спектральных линий водорода). Практически всю информацию о строении атома школьники и студенты черпают из книг или рассказов учителя, то есть в рамках инструктивистского подхода. И это не противоречит идее, что учащиеся конструируют свои знания на основе полученной информации, то есть инструкции оказываются материалом для конструирования знаний.

Мой опыт в общении со школьниками подтверждает эту неразрывную связь. Довольно часто, если объяснить (чисто инструктивистски) способному ученику какие-либо достаточно сложные вещи, он просит на некоторое время остановиться, после чего начинает задавать вопросы. Этот момент вполне можно интерпретировать как начало конструирования знаний на основе инструкций.

Таким образом, конструктивизм и инструктивизм во всех своих противоположностях оказываются немислимыми друг без друга и переходят один в другой, то есть находятся в неразрывном единстве.

Большинство западных исследователей и политиков в области образования до сих пор не видят этой диалектической связи и продолжают, как те партизаны из анекдота, пропустившие окончание войны, «пускать под откос вражеские эшелоны», настаивая на единственной верности их стратегии. Хотя работа по диалектическому синтезу (видимо, без осознания его как такового) уже ведется. Например — создание инструкций, направленных на развитие когнитивного конфликта: учащихся просят предсказать развитие той или иной ситуации, а потом дают информацию, которая показывает несоответствие прогноза реальности. После этого учитель

Спасибо инструктивизму!

Как повезло тем, кто заканчивал школу в 60–80-х годах. Мы легко считаем в уме, потому что таблица умножения прочно сидит у нас в памяти. Мы умеем изъясняться хорошим русским языком и делаем мало ошибок, да и почерк у нас разборчивый. Мы много читаем и можем целыми строфами цитировать «Евгения Онегина», и не только его. Мы умеем устанавливать причинно-следственные связи в окружающем нас мире и предвидеть последствия своих решений. Мы можем починить бытовую технику, приготовить вкусную еду, не растеряемся в лесу или в нештатной ситуации. Мы умеем сопереживать и понимать другого человека. И много-много чего еще. Спасибо школе, спасибо инструктивизму!

А что могут те, кто закончил школу в течение последних 12 лет? Боюсь, ничего из вышеперечисленного. Спасибо реформам, спасибо конструктивизму.

Школы, конечно, очень разные, и там, где учителя держат оборону, детям еще удастся получить хорошее образова-

ние. Но процесс идет, и с каждым годом результаты реформ образования пугают все больше и больше. А любящие родители все чаще задумываются о домашнем образовании детей.

Зачем это все? Спасибо автору статьи, который дает ответ на этот вопрос.

Стратегия конструктивизма в обучении (предметы по выбору, метод проектов, гуманитаризация и тому подобное) начала вползать в наши школы в начале 90-х после развала СССР. Тогда все, что было раньше, казалось плохим и неправильным, в том числе и школа, какая-то уж больно тоталитарная. Почему они заставляют учить детей то, чего они не хотят? Почему так силен уклон в естественно-научное образование? Почему мало гуманитарных предметов? И вообще — от нас скрывают правду! Надо все переделать, сделать, как на Западе, там знают лучше. И вот мы встаем на путь, который Россия прошла в 20-е годы и вовремя свернуть с которого успела в 30-х, потому что результаты категорически не устраивали.

Конечно, нынешние реформаторы образования нисколько не задумывались о педагогических теориях и практиках, не знали и не знают их. А жаль. Они могли

вводить строгое понятие, позволяющее делать верные предсказания. Хотя внешне подход вполне конструктивистский, он реализуется при помощи инструкций.

Тенденция к пониманию неразрывной взаимосвязи конструктивизма с инструктивизмом намечается уже на уровне научных обзоров, авторы которых сосредоточились на позитивных наработках в рамках обоих подходов или пытаются установить границы применимости этих двух стратегий, не претендуя на их абсолютную истинность.

В методических работах, изданных в Советском Союзе, идеи диалектической взаимосвязи конструктивизма и инструктивизма (расплывчатые и без упоминания этих терминов) прослеживаются с еще более ранних времен: обучение рассматривалось как процесс, направляемый учителем. Поэтому российская система образования готова к восприятию идеи этой взаимосвязи, пожалуй, даже больше, чем западная. А это означает, что мы вполне можем перескочить этап увлечения конструктивизмом (в частности, выхолащивание содержания образования), из которого мучительно выбирается Запад, и сразу перейти к диалектической стратегии обучения. К сожалению, в проектах образовательного стандарта второго поколения такого перехода в явном виде не просматривается.

Полный текст статьи опубликован в журнале «Педагогика», 2011, № 5

бы как минимум помочь предсказать последствия реформ. Впрочем, реформы — это совсем не педагогическая, а политическая история. Не педагогическая хотя бы потому, что мнение учительского сообщества власть игнорирует.

Страна, граждане которой не могут грамотно изъясняться, ни письменно, ни устно, не могут в уме перемножить семь на девять, не читают русскую и мировую классику, не могут предвидеть последствия своих решений даже на шаг вперед, потому что не развито системное и аналитическое мышление, вряд ли может рассчитывать на светлое будущее. За переходный период от социализма к капитализму в нашей стране мы платим очень высокую цену.

Есть ли надежда? Действие рождает противодействие, «жизнь качнется вправо, качнувшись влево». Рано или поздно инструктивизм как центральная стратегия обучения, пусть и дополненная местами конструктивизмом, обязательно вернется в наши школы. Мы, и не только мы, это уже проходили.

Л. Стрельникова,
главный редактор



Теперь-то мы похудеем?

Кандидат
биологических наук

Н.Л.Резник

Ожирение и связанные с ним болезни сердечно-сосудистой системы, метаболический синдром и диабет второго типа (потеря чувствительности к инсулину) — бич населения развитых стран. О лекарстве мечтают и врачи, и пациенты, и просто тучные люди, которым хочется похудеть без диет и упражнений. Кто знает, быть может, эта сказка через несколько лет и станет былью. Как установили специалисты Медицинского центра Университета Юго-Западного Техаса под руководством профессора Эрика Олсона, заболевания, связанные с нарушением метаболизма, находятся под контролем гена *Med13* и микроРНК miR-208a, которые синтезируются в кардиомиоцитах. Исследователи надеются, что, воздействуя на miR-208a, они смогут повлиять на обмен веществ и энергии во всем организме («Cell», 2012, 149 (3), 671—683).

О микроРНК мы писали, например, в октябрьском номере этого года («Энциклопедия элементов ДНК: доступ открыт»). Очередное подтверждение большой важности этих маленьких молекул — miR-208a. Это тканеспецифичная микроРНК длиной 22 нуклеотида, ее последовательность закодирована в интроне (не кодирующей белок вставке) гена тяжелой цепи альфа-кардиомиозина, одного из основных сократительных белков сердечной мышцы. Как и другие микроРНК, miR-208a связывается с мРНК нескольких генов, подавляя их активность. Исследователи работали с молодыми (шести-недельными) самцами мышей. Одной группе животных подкожно вводили запирающие олигонуклеотиды, комплементарные miR-208a. Уколы делали три дня подряд, а затем еженедельно в течение эксперимента. Олигонуклеотиды связывали молекулы микроРНК, и miR-208a уже не могла взаимодействовать с мРНК и влиять на синтез белка. Контрольной группе кололи антиРНК к специфической микроРНК круглого червя нематоды.



В течение шести недель контрольным и экспериментальным животным давали пищу с разным содержанием жира. Мыши были еще молоды и продолжали расти. На стандартном рационе вивария масса грызунов контрольной группы увеличилась примерно на 29%. Животные, получавшие пищу с высоким содержанием жира, потяжелели на 75%. Однако мыши с отключенной miR-208a на жирной пище практически не толстели и набирали вес так, будто получали обычный рацион. Спустя шесть недель контрольные мыши стали почти вдвое тяжелее животных экспериментальной группы, в основном за счет жировых отложений. У грызунов, получавших anti-miR-208a, масса как белого, так и бурого жира много меньше, чем у контрольных, независимо от того, что они едят. Кроме того, инъекции anti-miR-208a при жирной диете снижают уровень лептина — гормона, выделяемого жировой тканью, а также холестерина и триглицеридов в сыворотке крови и помогают сохранить толерантность к глюкозе. Это означает, что у мышей, несмотря на неправильное питание, нет предрасположенности к диабету. Тест на толерантность достаточно простой. Мышам внутрибрюшинно вводили раствор глюкозы, а затем наблюдали, как падает ее концентрация в сыворотке крови. Если содержание глюкозы снижается медленно и спустя два часа все еще выше нормы, но ниже диабетических значений, толерантность нарушена.

Исследователи установили, что miR-208a взаимодействует с геном *Med13*. Его белок синтезируется в кардиомиоцитах и участвует в регуляции транскрипции генов, чья активность зависит от сигналов тиреоидного гормона, а также сигналов, которые поступают с некоторых других ядерных рецепторов. Белок MED13 регулирует активность этих генов, а miR-208a, в свою очередь, подавляет экспрессию MED13. Когда мышам вводили в кровь anti-miR-208a, уровень синтеза MED13 в кардиомиоцитах возрастал. Такого же эффекта можно добиться, если, оставив в покое микроРНК, увеличить копийность гена *Med13* в клетках. И ученые получили трансгенных мышей, у которых уровень экспрессии MED13 в кардиомиоцитах увеличен в девять раз и в три раза.

По реакции на жирную пищу трансгенные мыши обеих линий действительно сходны с мышами «anti-miR-208a». Сердце у них работает совершенно нормально. На стандартной диете они немного легче контрольных животных, от жирной еды не толстеют и весят столько же, сколько обычные мыши, получавшие стандартный рацион. При повышенном уровне экспрессии гена *Med13* сердце мышей, сидящих на диете для потолстения, не обрастает жирком. Содержание холестерина и триглицеридов в сыворотке крови у них понижено, толерантность к глюкозе в норме, уровень инсулина натощак — тоже. Высокий уровень экспрессии *Med13* увеличивает чувствительность к инсулину во всем организме.

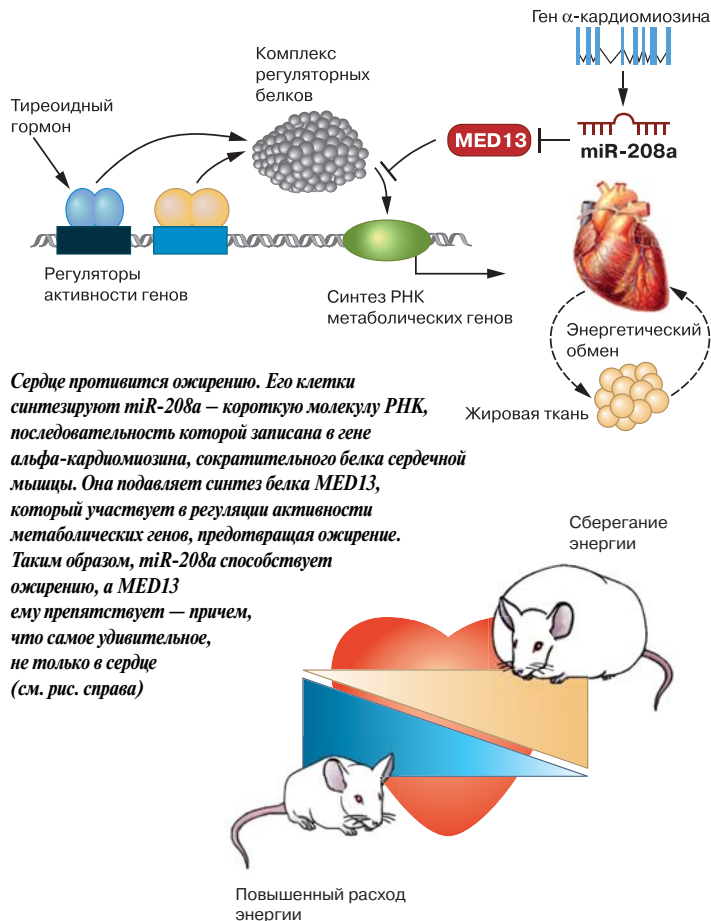
Исследователи скрестили трансгенных животных с линией мышей, страдающих патологическим ожирением и устойчивостью к инсулину. У гибридных грызунов оказался нормальный вес, они чувствительны к инсулину и толерантны к глюкозе.

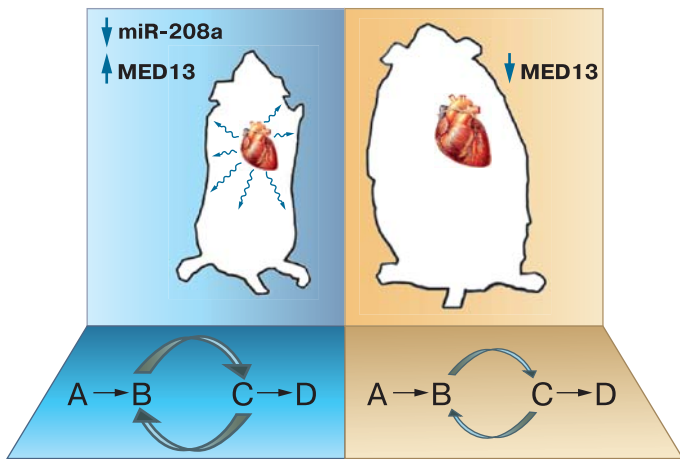
Зато делеция в гене *Med13* приводит к самым печальным последствиям. Правда, на работу сердца и его вес относительно веса тела делеция не влияла. Тем не менее на жирной диете мыши с испорченным *Med13* очень быстро толстеют и спустя шесть недель весят почти в два раза больше, чем контрольные животные, получавшие такую же пищу. Причем вес они набирают в основном за счет жировых отложений. Жир откладывается не только в области живота, но и в некоторых удаленных от сердца органах, например в печени и половых железах. Уровень инсулина натощак у мышей с делецией повышен, что указывает на нарушение углеводного обмена. Эти изменения напоминают метаболический синдром человека, который включает ожирение, диабет второго типа и общее снижение метаболизма, и позволяют предположить, что метаболический синдром вызван снижением экспрессии аналогичного *Med13* гена у человека.

Белок MED13 не влияет на аппетит или физическую активность животных. Трансгенные мыши или мыши «anti-miR-208a» едят не больше, чем контрольные, и двигаются столько же. Оказывается, *Med13* регулирует расход энергии. Мыши с суперэкспрессией этого гена потребляют больше кислорода и выделяют больше углекислого газа, чем животные дикого типа. Именно с повышенным потреблением энергии связано уменьшение веса и жировых отложений при суперэкспрессии гена *Med13* в сердце.

Чтобы выяснить, работу каких генов регулирует *Med13*, исследователи выделили и проанализировали мРНК из микропроб ткани сердца у контрольных и трансгенных мышей. Оказалось, что в кардиомиоцитах трансгенных мышей подавлена экспрессия нескольких десятков генов, имеющих отношение к энергетическому обмену и метаболизму. Работу значительной части этих генов регулируют рецепторы, принимающие сигнал от тиреоидного гормона. Подавление их экспрессии значительно смягчает симптомы ожирения и диабета второго типа, а повышенная экспрессия вызывает серьезные метаболические нарушения.

Поскольку miR-208a контролирует обменные процессы не только в сердце, где она синтезируется, но и в отдаленных органах и тканях, сердце предстает перед нами в роли эн-





Биохимический путь от субстрата А к соединению D лежит через промежуточные продукты В и С, связанные субстратным циклом. Его активизация приводит к значительной непродуктивной трате энергии

докринного органа, регулирующего системный метаболизм. Следовательно, оно должно выделять какие-то вещества, которые циркулируют в крови и управляют обменом веществ и энергии во всем организме. Специалисты размышляют о том, какова может быть природа этих молекул (см., например, «Circulation Research», 2012; 111, 513—515). Они не исключают, что роль фактора похудения играет еще одна микроРНК, но склоняются к мысли, что это, скорее всего, пептид, подобный регулирующему аппетит лептину — гормону жировой ткани или иризину. Иризин выделяют при физической нагрузке скелетные мышцы. Он действует на клетки белой жировой ткани, в которой у млекопитающих запасается жир, и превращает их в клетки бурой жировой ткани, ответственной за производство тепла. Иризин, введенный в мышинный организм, повышает расход энергии без изменения подвижности и рациона животных. Под действием иризина мыши, страдающие ожирением, худеют, и содержание сахара в их крови нормализуется. Ученые также не исключают, что неизвестное соединение, выделяемое сердцем при участии miR-208a, представляет собой аналог тиреоидного гормона.

Каким образом antimiR-208a и белок MED13 предотвращают ожирение, не вызывая изменений в потреблении калорий и физической активности? Почему при равном количестве съеденного корма и одинаковой подвижности вес обыкновенных и генетически модифицированных мышей различался вдвое?

Может быть, *Med13* влияет на митохондрии, органеллы, конвертирующие питательные вещества в углекислый газ, воду и АТФ. В них же происходит выработка тепла. Клетки предсердия синтезируют предсердный и мозговой натрийуретические пептиды, которые влияют на образование митохондрий и работу дыхательной цепи в адипоцитах, то есть способствуют увеличению расхода энергии. Обнаружившие этот феномен ученые из США, Италии, Франции и Японии («The Journal of Clinical Investigation», 2012, 122, 1022—1036) предположили, что сердце может таким образом регулировать биологию жировой ткани. Возможно, miR-208a управляет синтезом натрийуретических пептидов. Для проверки этой гипотезы придется точно определить, сколько энергии выделяют в разных случаях различные ткани, в том числе бурый жир — главный орган термогенеза.

Есть и другое объяснение. Речь идет о потере энергии в субстратных циклах. Субстратными циклами называют парные комбинации реакций. Такой цикл могут составить превращение глюкозы в гликоген и гликогена в глюкозу или реакции гликолиза и соответствующие им реакции глюконеогенеза (синтеза глюкозы из неуглеводных продуктов), синтез белков и их распад на аминокислоты. Если противоположные процессы протекают одновременно и с примерно одинаковой интенсивностью, весь их результат сводится к напрасному расходу АТФ. Энергия рассеивается, а вещество не образуется. Такую ситуацию можно уподобить бегу по кругу — чем

быстрее бежишь, тем больше устаешь, но к цели не приближаешься. Если *Med13* или регулируемый им фактор влияет на субстратные циклы так, что разнонаправленные реакции протекают интенсивно, одновременно и с равной скоростью, затраты энергии будут велики, но непродуктивны, и животное не разжиреет. Эта гипотеза кажется вполне правдоподобной, если вспомнить, что мыши, не толстеющие от жирной пищи, тратят значительно больше энергии.

Огромный интерес, причем не только у врачей и ученых, вызывает вопрос: можно ли будет с помощью antimiR-208a сдержать эпидемию ожирения и лечить диабет второго типа? Надежда на это есть, поскольку последовательность miR-208 у людей, мышей, крыс и собак консервативна и то, что справедливо для лабораторных грызунов, должно быть в данном случае верно и для человека.

Современное фармакологическое лечение ожирения часто неэффективно или чревато нежелательными побочными действиями. Например, тиреоидный гормон повышает скорость метаболизма, снижает уровень холестерина в крови, поддерживает гомеостаз глюкозы и усиливает функцию сердца. Однако гормональная терапия нередко вызывает тахикардию, аритмию, мышечную атрофию и повышенную температуру тела. Специалисты активно пытаются разработать заменитель тиреоидного гормона, способного улучшить метаболический статус пациента, но при этом избежать неприятных побочных эффектов. Таким средством могла бы стать antimiR-208a, показавшая великолепные свойства тиреоимитетика. Поскольку ее мишень присутствует только в сердце, соединение не воздействует на другие ткани, в которых проявляется негативное действие избытка тиреоидного гормона.

Однако следует иметь в виду, что *Med13* — не единственная мишень miR-208a. Эта микроРНК регулирует работу и других генов, реагирующих на сигнал тиреоидного гормона, но не связанных с энергетическим обменом. При стрессе или пониженном уровне гормонов щитовидной железы кардиомиоциты увеличиваются в размерах, часть мышечной ткани заменяется на соединительную, снижается частота сердечных сокращений. Введение antimiR-208a делает мышечные сердца нечувствительными к стрессу и гипотиреозу. Возможно, miR-208a обладает и другими свойствами, о которых мы пока не знаем, так что ученым предстоит долгое комплексное исследование.

В работе с другой микроРНК ученые продвинулись дальше. Сотрудники медицинских центров Нидерландов, Германии и Соединенных Штатов проводят вторую фазу клинических испытаний антисмысловых олигонуклеотидов к miR-122, которая регулирует метаболизм липидов и холестерина в печени («Hepatology», 2011, 54, 1430A). Медики сообщают, что при терапии antimiR-122 содержание холестерина в печени падает, а у больных гепатитом С уменьшается содержание вирусов в крови. Однако антагонисты miR-122 понижают уровень не только холестерина низкой плотности, который образует атеросклеротические бляшки, но и жизненно необходимого холестерина высокой плотности, и каковы будут долгосрочные последствия его действия, мы не знаем.

Но мы будем надеяться и ждать. Исследования микроРНК выходят из стадии академических экспериментов, начинается их практическое применение в медицине. Возникают компании, такие, как «miRagen Therapeutics», созданная в 2007 году специально для разработки лечения сердечно-сосудистых и мышечных заболеваний с использованием микроРНК. Кстати, сотрудники этой компании участвовали в экспериментах Олсона. А сам профессор полагает, что antimiR-208a окажется полезной при различных метаболических расстройствах — ожирении, повышенном содержании холестерина, диабете второго типа или жировом перерождении печени, а также при сердечной дисфункции.



Лептин — оружие паразита



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Нелегка жизнь паразита, особенно если его жизненный цикл предполагает смену хозяев. Нередки случаи, когда паразит живет в организме грызуна, но завершить развитие может только в кишечнике хищника. Поэтому ему жизненно необходимо скормить своего промежуточного хозяина окончательному — направить мышку на встречу с кошкой. Легко ли это сделать, подумайте!

Паразиты по-разному выходят из положения. «Химия и жизнь» (2011, № 10) писала о том, как решает эту задачу внутриклеточное простейшее *Toxoplasma gondii*. Токсоплазма управляет поведением своей крысы, избирательно воздействуя на ее нейроны таким образом, что грызун перестает пугаться запаха кошачьей мочи. Когда зараженная токсоплазмой крыса обоняет этот запах, в ее мозгу активируется группа нейронов, ответственных за половое влечение. Любовь пересиливает страх, крыса замирает на месте, помеченном хищником, и в результате становится его легкой добычей.

Но кроме любви есть еще одна великая сила — голод. Манипулируя аппетитом, можно сделать грызуна более активным и неосторожным, а такой зверь скорее попадет в лапы хищника. Недавно в журнале «Biology letters» (2012, 8, 5, 849—852) появилось сообщение о том, что ленточный червь семейства цестодовых *Taenia taeniaformis* управляет поведением промежуточного хозяина, влияя на уровень лептина — гормона, регулирующего чувство голода.

T. taeniaformis — гельминт, живущий в кишечнике кошек. Грызуны съедают корм, обсемененный яйцами червя, и заражаются. Паразит образует цисты в печени и желчных протоках животных, однако во взрослого половозрелого червя превращается только в кошачьем организме. Специалисты Национального ветеринарного института (Швеция) и университетов Упсалы и Торонто устроили в окрестностях Упсалы облаву на желтогорлых мышей *Apodemus flavicollis*. Они выбрали для исследования 14 взрослых активных самцов, зараженных цестодой, и 14 здоровых животных. Мышей измеряли, взвешивали и определяли содержание в сыворотке крови гормонов, которые влияют на аппетит: лептина, грелина и нейрпептида Y (NPY).



Лептин синтезируется в основном в жировой ткани, его уровень у животных, не имеющих метаболических нарушений, пропорционален массе жира. Высокий уровень лептина в сыворотке крови подавляет аппетит. Грелин синтезируется в желудке и кишечнике, когда его уровень возрастает, возникает чувство голода. После еды содержание гормона в крови уменьшается. NPY также стимулирует пищевую активность, его секреция зависит от уровней лептина и грелина.

Паразитарная инфекция у желтогорлых мышей протекает практически бессимптомно, разве что здоровые животные поупитаннее зараженных (они весят в среднем 44 и 39 г).

В данном исследовании уровень лептина в крови зараженных грызунов был примерно в полтора раза ниже, а содержание NPY — несколько выше, чем у неинфицированных животных. На уровень грелина паразитарная инфекция не повлияла, однако содержание гормона строго зависит от времени, прошедшего после еды. Если мыши, попавшие в ловушки, ели давно, исследователи не могли определить тенденцию изменения уровня грелина в плазме. Судя по этим данным, зараженные грызуны должны быть более голодными, чем их здоровые собратья, и постоянно шнырять в поисках пищи, забывая об осторожности. Такое поведение делает их легкой добычей хищника.

Зараженные цестодой мыши весят несколько меньше, чем здоровые. Это объясняется тем, что паразиты могут влиять на запасание энергии. Но у худосочных мышей и уровень лептина должен быть ниже. Однако в группе инфицированных грызунов уровень лептина был примерно одинаков и не зависел от массы тела; классическую положительную зависи-

мость между уровнем лептина и весом ученые наблюдали только у здоровых животных. Поэтому исследователи полагают, что дело тут не только в упитанности. Паразит непосредственно влияет на секрецию лептина. Вопрос в том — как.

Обычно больной человек или больное животное есть не хочет. При инфекции возникает воспаление, такие его факторы, как интерлейкин-1 и фактор некроза опухоли, влияют на уровень лептина в сыворотке крови. Он возрастает, больной не голоден, ничего не ест и худеет, потому что лептин не только аппетит подавляет, но и способствует сжиганию жира.

Паразиты прошли длинный путь совместной эволюции со своими хозяевами и научились обманывать их иммунную систему. Поэтому проникновение гельминтов в организм не вызывает острого воспаления. Известно, например, что личинки *T. taeniaformis* вырабатывают простагландин E₂, который подавляет реакцию иммунной системы на вторжение паразита. А если нет факторов воспаления, то и уровень лептина не повышается. Эти данные позволяют понять, почему инфекция *T. taeniaformis* не вызывает болезненного отсутствия аппетита, но не объясняют наблюдаемое у зараженных мышей понижение уровня лептина в плазме крови. И все же он понижен — факт налицо.

Существенный недостаток этой работы — отсутствие наблюдения за поведением грызунов. Чтобы определить, заражена ли желтогорлая мышь, нужно искать цисты в ее печени. После этой процедуры уже невозможно проверить на опыте, каков у мышей аппетит и как он влияет на их поведение. Приходится полагаться на теорию, а теория говорит, что мыши с пониженным уровнем лептина хотят есть, а голодные животные должны быть более склонными к риску, чем сытые. Поэтому изменение гормонального статуса зараженных грызунов выгодно *T. taeniaformis* с эволюционной точки зрения, так как способствует размножению паразита.

Н. Л. Резник

Сезон гриппа

Наступила зима — время простуд, острых респираторных заболеваний, гриппа. В декабре у нашего организма еще есть силы сопротивляться натиску вирусов, но в январе-феврале иммунитет сдает позиции, наступает пора эпидемий. Многие продолжают болеть и с приходом весны, окончательное выздоровление откладывается почти до лета. В этом году, кажется, никакой особо страшной пандемии не ожидается, и можно спокойно посмотреть, что пишут о гриппе научные журналы.

Хотя вакцинация не дает стопроцентной гарантии, риск заболеть она снижает значительно. Особенно если при разработке вакцины удастся предсказать, какие именно штаммы вируса будут в моде в наступающем сезоне. Может быть, в этом помогут результаты, полученные учеными из Германии (Институт теоретической физики Кельнского университета) и Великобритании (Имперский колледж, Лондон).

Вирусы гриппа — перспективный объект для решения теоретических вопросов биологии. Эволюционируют они быстро, и ход этой эволюции крайне интересен человечеству: близко познакомиться с победителем гонки может каждый из нас. Поэтому за вирусами гриппа пристально наблюдают, и материал для исследования накоплен обширный. Ученые проанализировали геномы тысяч штаммов подтипа H3N2 (именно они вызывают сезонные эпидемии), выделенных у пациентов по всему миру начиная с 1968 года, и посмотрели, как появляются и исчезают мутации. Они доказали, что в эволюции гриппа важную роль играет клональная интерференция. Это проклятие всех видов без полового размножения. У нас хорошие качества обоих родителей могут объединиться в ребенке, но если у двух вирусов есть две разные мутации, одна из которых чуть полезнее, чем другая, то менее полезная просто исчезнет. Правда, геном вируса гриппа состоит из нескольких молекул РНК (возбудитель гриппа — ортомиксовирус, его генетическая информация записана в молекулах РНК, а не ДНК). Два разных штамма могут обменяться фрагментами генома и создать новый штамм, подчас опаснее обоих «прародителей». Но гены в одном сегменте подчиняются законам клональной интерференции: много полезных для вируса и вредных для нас мутаций теряются только потому, что есть другая, более полезная в данный момент.

Авторы работы считают, что им удалось нащупать связь между эволюцией генома вируса гриппа и его эпидемиологией. В частности, стало понятнее, почему вирус «обычного» сезонного гриппа (о свином гриппе поговорим дальше) иногда год за годом изменяется очень мало, а потом внезапно на страх человечеству появляется новый опасный штамм. Возможно, эти данные помогут создателям вакцин лучше понять правила, по которым играет противник, и с большей определенностью прогнозировать, какие именно штаммы будут атаковать людей. А значит, делать более эффективные вакцины.

Natalja Strelkova, Michael Lässig. Clonal Interference in the Evolution of Influenza. «Genetics», 2012, 192(2), 671–682, doi: 10.1534/genetics.112.143396

Вакцинация против гриппа во время беременности благотворно сказывается не только на здоровье матери. Это показали сотрудники Исследовательского института при больнице Оттавы, Университета Оттавы, Исследовательского института при детской больнице Восточного Онтария. Существенно снижается риск появления недоношенных детей, младенцев с критически малым весом и мертвого плода. Авторы проанализировали 55 570 родов, которые приняты в штате Онтария во время недавней эпидемии гриппа H1N1.

Результаты свидетельствуют, что у рожениц, сделавших прививку, преждевременные роды случались почти на треть реже, чем у тех, кто не прошел вакцинацию, на 20% реже у них появлялись на свет малыши с чрезвычайно малым весом, на 34%



снижался риск гибели плода. В первые недели после рождения у малышек таких мам не зафиксировано случаев ухудшения здоровья. Рассмотрена достаточно широкая выборка, чтобы говорить о достоверности результатов, уверены авторы. Почти 42% участниц исследования сделали прививку против вируса H1N1 в период с ноября 2009 по апрель 2010 года.

Ученые говорят, что результаты их работы пригодятся практикующим врачам: многие беременные женщины готовы протестовать против любого постороннего вмешательства в их организм. Эти данные, возможно, помогут их убедить, что прививка от гриппа в их положении полезна, а не вредна.

Deshayne B. Fell et al. H1N1 Influenza Vaccination during Pregnancy and Fetal and Neonatal Outcomes. «American Journal of Public Health», 2012, 102(6), e33–e40. doi: 10.2105/AJPH.2011.300606

Универсальная вакцина против гриппа, над созданием которой трудятся многие специалисты, должна защищать от вирусов гриппа А и В одновременно. Сотрудники Института Скриппса (США) и Института вакцин компании «Crucell» (Нидерланды) имеют в своем распоряжении достаточный антител, нейтрализующих одних либо других, но три антитела, как выяснилось, могут вести борьбу сразу на два фронта. Одно из них представляет особый интерес, поскольку, кажется, способно сражаться со всеми известными вирусами гриппа А и В.

Вирусы гриппа В считаются менее страшными, чем гриппа А, среди них нет штаммов, вызывающих смертельно опасные пандемии, а потому их изучают не столь активно. Тем не менее их вклад в сезонные вспышки болезни значителен. Поиском антител против них занимаются, в частности, в Институте вакцин. Ученые проанализировали обширную коллекцию антител, которые производили иммунные клетки добровольцев, прошедших вакцинацию против гриппа. Они нашли три антитела — CR8033, CR8071, CR9114, — каждое из которых помогает мышам пережить смертельно опасную дозу двух основных штаммов гриппа В. Замечательно, что CR9114 защитил животных и от вирусов гриппа А, в том числе H1N1. Это означает, что он выбирает для взаимодействия участки вируса, которые практически не различаются у разных штаммов.

Мишень для этих антител — поверхностный белок вируса гемагглютинин (именно его разновидности обозначаются в названии вируса буквой Н с числом, а N — другой поверхностный белок, нейраминидаза). Гемагглютинином называют белки, которые заставляют слипаться (агглютинировать) эритроциты крови. У вируса гриппа этот белок, точнее, гликопротеин отвечает за распознавание клеток-мишеней и способствует проникновению вирусного генома внутрь клетки.

Большинство антител связываются с «головой» гемагглютинаина, так поступают и CR8033, CR8071, но CR9114 — с его стволом. В результате белок не может принять форму, необходимую для того, чтобы вирус преодолел мембрану клетки. Вероятно, это по-настоящему слабое место вируса, и оно находится под особой охраной у всех штаммов.

Удивительно, но антитела CR9114 плохо проявили себя в лабораторных условиях в экспериментах на клеточной культуре, хотя даже небольшие дозы были эффективны в более реалистичных условиях — в опытах на мышах. Не прошли они и традиционные тесты на ингибирование, или подавление гемагглютинации, вызываемой вирусами, — потому, что связываются именно со



стволом, а не с «головой», полагают авторы. Здесь открывается возможность создания универсальной вакцины против гриппа. Для этого необходимо разработать новые процедуры тестирования, позволяющие распознавать антитела, схожие с CR9114, — такие антитела могут оказаться весьма эффективными, хотя механизм их действия пока еще не до конца ясен.

Cyrille Dreyfus et al. Highly Conserved Protective Epitopes on Influenza B Viruses. «Science», 2012, 337, 6100, 1343–1348, doi: 10.1126/science.1222908

Болеют гриппом не только люди, новые штаммы представляют нам, например, свиньи и птицы. Все помнят «свиной грипп», один из штаммов подтипа H1N1. А мы, как ни печально, можем заразить своих домашних любимцев — кошек, собак, хорьков. Специалисты называют это «обратный зооноз». В 2009 году был описан первый такой случай в штате Орегон (США). Пациентку с гриппом госпитализировали, и, пока она была в больнице, ее кот, не общавшийся с другими больными, скончался от воспаления легких, вызванного вирусом H1N1. После первой публикации, в 2011 и 2012 годах, ученые выявили еще 13 заболевших кошек и одну собаку, которых предположительно заразили тем же вирусом их владельцы. Об этом на сайте Орегонского университета (<http://oregonstate.edu/>) рассказывает первый автор статьи, профессор Кристиана Лёр. Симптомы в точности повторяли хозяйские — быстрое развитие воспаления дыхательных путей, отсутствие аппетита. Несколько животных погибли.

На самом деле подобных случаев гораздо больше, уверены авторы, и они заслуживают вдумчивого изучения, поскольку любые перемещения вируса от одного вида к другому способствуют его превращению в более опасную форму. Что до вирусов гриппа, они легко обмениваются между собой фрагментами генома. Как бы на смену свиному гриппу не пришел кошачий...

Christiane V. Löhr e. a. Pathology and viral antigen distribution of lethal pneumonia in domestic cats due to pandemic (H1N1) 2009 influenza A virus. «Veterinary Pathology», 2010, 47, 3, 378–386

Наблюдая, как грипп передается от хорька к хорьку, сотрудники Имперского колледжа (Лондон) выяснили, что больной становится заразным еще до появления симптомов заболевания. Вероятно, поэтому так трудно обуздать эпидемию. Подобные предположения высказывались и ранее, но экспериментальные данные получены впервые. Хорьки оказались хорошими помощниками — они восприимчивы к некоторым штаммам, вызывающим заболевание у людей, да и симптомы схожи. В эксперименте ученые использовали штамм, ставший причиной пандемии свиного гриппа в 2009 году.

Грипповавшие зверьки общались (не слишком долго) со здоровыми собратьями на разных стадиях болезни. Передача вируса происходила до появления первого симптома — высокой температуры, спустя сутки после заражения, не важно, сидели хорьки в одной клетке или в соседних. Температура поднималась только через 45 часов после инфицирования, чихать пациенты начинали спустя 48 часов. Это согласуется с результатами ранее проведенных исследований: чиханье во-

все не обязательно для передачи вируса гриппа, он попадает в воздух и с обычным дыханием. На более поздних стадиях болезни частота случаев заражения уменьшалась.

Авторы не считают полученные данные окончательными: число экспериментальных животных было невелико. Возможно, этот показатель меняется от штамма к штамму, тем более когда речь идет о людях. Но если подтвердится, что больной становится безопасным для окружающих, когда проявления болезни исчезают, — это будет хорошая новость.

Kim L. Roberts e. a. Transmission of a 2009 H1N1 pandemic influenza virus occurs before fever is detected, in the ferret model. «PLoS ONE», 2012, 7, 8, e43303, doi:10.1371/journal.pone.0043303

Ладно бы только птицы и свиньи. Но кто мог себе представить, что носителями неизвестного подтипа вируса гриппа А окажутся обитающие в Гватемале плодоядные летучие мыши? В последние несколько лет эти животные заинтересовали ученых в связи с распространением вируса Эбола, тяжелого острого респираторного синдрома (SARS), вируса нипах (эта болезнь сопровождается воспалением мозга и респираторными заболеваниями). Американские ученые из Центра контроля распространения заболеваний (Атланта, США) обследовали 316 представителей 21 вида, и у трех желтоплечих листоносов *Sturnira lilium* тесты на вирус гриппа оказались положительными.


То, что летучие мыши — носители множества разнообразных вирусов, неудивительно. Их более 1200 видов, это второй по величине отряд млекопитающих после грызунов. Они идеально подходят для передачи инфекции — социальные, кочующие животные, встречаются практически повсюду. Обнаруженный вирус не представляет непосредственной угрозы для людей, но его изучение, несомненно, окажется полезным для понимания механизма передачи генов между штаммами. Это еще одно свидетельство разнообразия вирусов гриппа.

Новый вирус, получивший название H17, скорее всего, является потомком известных вирусов гриппа, который давным-давно порвал со своими родными и зажил собственной жизнью. Впрочем, он весьма схож с известными подтипами вируса гриппа А, а потому, вступив с ними в генетический обмен, может стать опасным для человека. К сожалению, больше о нем пока ничего не известно. Не удалось окончательно выяснить и то, как грипп передается между особями. Вероятнее всего, ключевую роль здесь играет желудочно-кишечный тракт, где концентрация вирусов максимальна и передача происходит через фекалии. Вспышки болезни, возможно, связаны с деятельностью человека — из-за расширения сельскохозяйственных угодий сокращается естественная среда обитания диких животных.

Авторы продолжают изучение летучих мышей в Южной Америке, Африке и Азии, одновременно фиксируя географическое распространение гриппа. Таким образом они рассчитывают выяснить, вносят ли эти животные вклад во вспышки эпидемий.

Suxiang Tong, Ruben O. Donis. A distinct lineage of influenza A virus from bats. «Proceedings of the National Academy of Sciences», 2012, 109, 11, 4269–4274, doi: 10.1073/pnas.1116200109

Подготовила
Е. Сутоцкая



Новые структуры воды — эмулоны

Кандидат химических наук

А.Н.Смирнов,
МГТУ МИРЭА

Возможно ли существование в чистой воде долгоживущих структур? Споры об этом идут уже не первое столетие, основанием же для них служат аномалии структурно-чувствительных свойств этой жидкости. Самая известная — аномалия плотности, которая максимальна не в момент замерзания, а при температуре 4°C. Есть и аномалия вязкости, и аномалия скорости звука — они значительно меняются при 42°C и 75°C соответственно. Ясность в этом вопросе могут дать только прямые эксперименты, подтверждающие существование в воде структурных образований, устойчивых в течение по крайней мере часов. Мы провели эти эксперименты, используя методы акустической эмиссии, оптический и термический анализ, и получили экспериментальные доказательства того, что долгоживущие структуры в воде существуют.

Вода подает голос

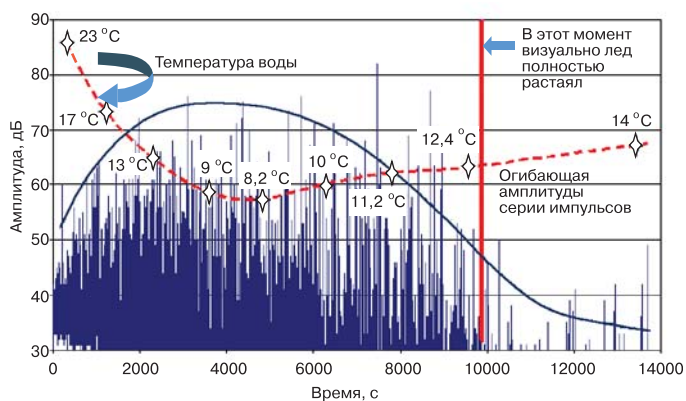
Для исследования процессов в жидких средах наиболее подходит метод акустической эмиссии, применяемый в технике. Он позволяет регистрировать звуковые колебания, возникающие в материале, в широком диапазоне частот —

от слышимой области до ультразвуковой. Эти сведения дают возможность исследователям судить о цельности материала, о его внутренних дефектах и начавшемся разрушении.

Однако акустические сигналы возникают не только при разрушении материала, но и при перестройке внутренней структуры вещества, они также должны сопровождать любые химические реакции и физико-химические процессы. Дело в том, что наряду с прямым превращением химической энергии в тепловую или электрическую происходит еще и ее непосредственное превращение в механическую энергию (что описывает объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики). Какой процесс будет преобладать, определяют условия реакции. Чувствительность акустических комплексов вполне достаточна, чтобы наблюдать за тонкими эффектами, связанными со структурными превращениями в твердых веществах и в однородных жидкостях.

Сначала такие эффекты мы выявили при растворении солей (сульфата лития, хлористого калия): кристаллы, помещенные в дистиллированную воду, по мере растворения давали импульсы, которые фиксировали датчики акустической эмиссии. Если перевести их программными методами в звук, то получится серия пощелкиваний приблизительно одинакового тона.

Акустические колебания возникали и при растворении в дистиллированной воде различных жидкостей. Их добавляли аккуратно, по каплям, для лучшей воспроизводимости опытов. Для контроля мы аналогичным способом добавляли в воду ту же самую дистиллированную воду.



1
Частота пиков на рисунке — это звуковые сигналы тающего льда (при плавлении 0,7 г льда, помещенного в 150 мл дистиллированной воды). Как можно видеть, они не прекращаются и после того, как лед полностью растаял в воде

В эксперименте мы фиксировали количество импульсов в секунду, их амплитуду, энергию и длительность. Наиболее ярко акустическая эмиссия была выражена при растворении серной кислоты: сильный сигнал с амплитудой 51 децибел, активность 300 импульсов в секунду, длительность импульса — 100 микросекунд. Это неудивительно, так как у нее и тепловой эффект смещения больше, и вязкость выше, чем у других жидкостей. У сульфата лития акустическая эмиссия тоже была хорошо выражена — 40, 96, 400 соответственно.

Причина возникновения акустических сигналов при растворении в воде химических соединений в том, что во время смешивания идет гидратация ионов, разрушаются и образуются надмолекулярные комплексы. Этот вывод можно сделать потому, что энергия акустического импульса многократно превышает энергию единичного химического акта, а его продолжительность — время протекания отдельной химической реакции.

Иная ситуация в системе «вода — вода»: сигнал слабый, количество регистрируемых импульсов не больше десяти, амплитудно-частотная характеристика напоминает белый шум без ярко выраженного частотного максимума, амплитуда его лишь на 3—5 дБ превышает фоновый уровень в тихой лаборатории (30 дБ). Ясно, что в этом случае фиксировали лишь колебания от падения капли.

Следующую серию экспериментов мы провели с талой водой — аккуратно помещали кусочек льда весом 0,3—0,7 г в кварцевый сосуд со 150 мл дистиллированной воды так, чтобы он не соприкасался со стенками и плавал на поверхности в центре сосуда. Исходная температура воды была +24°C, льда —5°C, а измерения начинали спустя три минуты, когда исчез шум, вызванный помещением образца в сосуд. Лед, как и растворяющаяся соль, издает акустические сигналы (рис. 1). Удивительно, что они не прекращаются после полного плавления льда. Прибор долгое время фиксирует отдельные акустические импульсы: интервал между ними постепенно увеличивается, а амплитуда уменьшается по экспоненте.

Возникновение акустических сигналов в талой воде можно объяснить только структурными перестройками надмолекулярных образований в ней, коль скоро состав не меняется и ничего кроме воды в кювете после таяния льда нет. Эти перестройки могут проходить в течение длительного времени, то есть талая вода отнюдь не быстро переходит в равновесное состояние.

Причина этого загадочного явления, видимо, в том, что кристаллическая структура льда разрушается быстрее, чем образовавшаяся из него вода приходит в равновесное состояние. В результате в талой воде концентрации ионов водо-

рода и гидроксила поначалу остаются такими же, какими были во льду ($1,4—5,0 \cdot 10^{-10}$). Это очень далеко от равновесного значения для воды, $0,35 \cdot 10^{-7}$ моль/л при 0°C. Однако реакция диссоциации воды требует значительных затрат энергии и протекает очень медленно — ее константа скорости при 20°C составляет всего $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$. Поэтому переход талой воды в равновесное состояние должен происходить не меньше чем за 11 часов. На практике примерно так и получается: акустическая эмиссия в разных опытах прекращается через 10—17 часов.

Рождение эмулонов

Какие надмолекулярные образования могут вызывать акустические эффекты в талой воде? При построении различных моделей жидкой воды, как правило, не учитывают тот факт, что в воде постоянно присутствуют ионы водорода и гидроксила — $6,02 \cdot 10^{16}$ в литре дистиллированной воды. Эти ионы играют решающую роль в создании структуры, поскольку их электрическое поле огромно: у протона удельный заряд составляет $9,57 \cdot 10^7$ Кл/кг. Оно немедленно ориентирует диполи воды с образованием многослойных гидратных оболочек вокруг протона и гидроксила — получаются частицы, похожие на мицеллы.

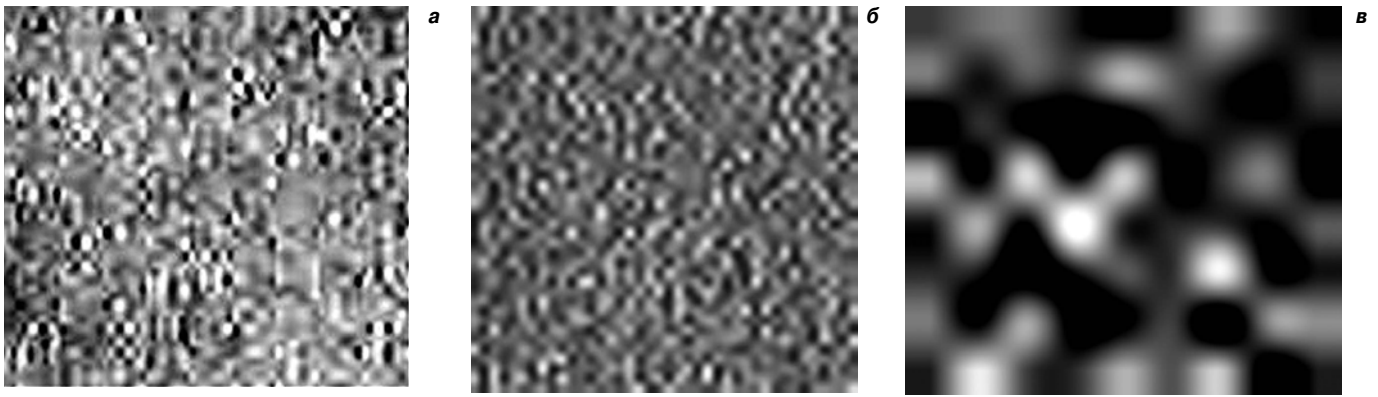
Оболочка, конечно, экранирует заряды ионов, расположенных в центре частицы, но не полностью. Поэтому «мицеллы» разного знака взаимодействуют друг с другом, образуя ионную пару, участники которой держатся друг от друга на равновесном расстоянии и разделены гидратными оболочками. Энергия взаимодействия оказывается достаточной, чтобы противостоять тепловому движению при комнатной температуре, но ее не хватает, чтобы избавиться от гидратных оболочек. Эти ионные пары ($\text{H}^+ \cdot n_1 \text{H}_2\text{O}$ и $\text{OH}^- \cdot n_2 \text{H}_2\text{O}$) и служат теми элементами, из которых строятся более крупные структуры воды — надмолекулярные образования. Они вовсе не твердые и не похожи на льдоподобные частицы, кластеры или клатраты, про которые любят рассуждать авторы статей о структуре воды; они скорее напоминают капельки эмульсии, поэтому мы их назвали «эмулоны».

Мы оценили размеры эмулонов экспериментально — с помощью лазерного малоуглового измерителя дисперсности «Malvern 3600 Ec». Согласно нашим экспериментальным данным, размер эмулонов составляет от нескольких микрон до сотни микрон, причем они имеют пять фракций, которые распределены в объеме жидкой воды, с характерными размерами 1—3 мкм, 10—12 мкм, 30—35 мкм, 70—80 мкм и 100—120 мкм.

Увидеть невидимое

Можно ли увидеть эмулоны? Рассмотреть небольшие прозрачные объекты в столь же прозрачной среде с помощью обычного микроскопа не удастся. Однако здесь нас выручает когерентное излучение лазера. Объект, подобный эмулону, изменяет фазу проходящей через него световой волны пропорционально своей толщине. Эта разница порождает интерференцию между луча-





2
На фото мы можем рассмотреть эмулоны, найденные в «Боржоми» (а) и дистиллированной воде (б), а также увеличенный портрет эмулонов (в)

ми лазера, прошедшими через объект, и лучами, прошедшими мимо него. Она-то и сделает прозрачный объект видимым.

Мы собрали установку на основе гелий-неонового лазера (мощность 1,9 мВт, диаметр пучка лазерного излучения на расстоянии 40 мм около 500 мкм), системы линз (x40) и короткофокусного объектива. Воду или раствор помещали в стандартную флюорометрическую кварцевую кювету размером 1 см. Луч лазера фокусировали внутри кюветы в очень тонком слое жидкости, что позволяло наблюдать структурные образования диаметром от нескольких микрон до сотен микрон. Получаемое изображение проецировали на экран размером 30 x 60 см и фотографировали

Для эксперимента мы брали воду, очищенную от возможных микрочастиц при помощи мембранных фильтров с диаметром пор 0,2 мкм (ОИЯИ, Дубна), причем воду использовали не ранее, чем через сутки после ее приготовления. Эти опыты позволили зафиксировать устойчивые структуры в воде. Их количество, размеры и расположение изменяются в зависимости от состава воды (рис. 2).

Складывается впечатление, что концентрация эмулонов в воде очень высока, но это не так. Для подсчета мы использовали фотографию с максимально возможным увеличением (400 x 400 мкм). Оказалось, что в одном кубическом сантиметре дистиллированной воды при 20°C содержится приблизительно 10^9 эмулонов. Весовая концентрация эму-

лонов в растворах меняется от 10^{-5} до 10^{-9} % в зависимости от температуры, pH и состава. Исследования массовой и объемной доли эмулонов с помощью лазерного малоуглового измерителя дисперсности «Malvern 3600 Ec» дали аналогичный результат, как и другие методы.

При взгляде на фотографии кажется, что все пространство в водной среде занято эмулонами. Но это иллюзия, которая объясняется особенностями фотосъемки: вероятно, взаимно перекрывающиеся диффузионные слои дают такой эффект.

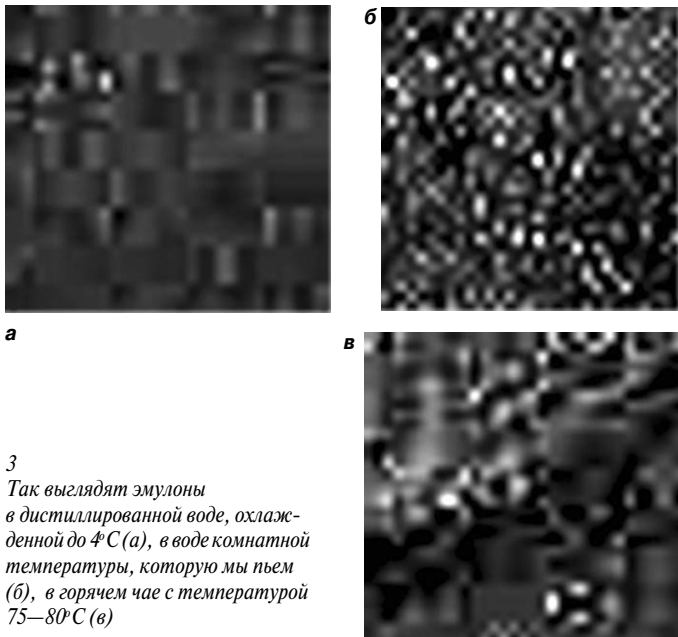
Но вернемся к нашим эмулонам. На их структуру, несомненно, влияет температура. Это хорошо видно на рисунке 3. При 4°C, когда плотность воды максимальная, эмулоны плотно упакованы и образуют текстуру, напоминающую паркет или, точнее, жидкий кристалл. При повышении температуры до 20°C количество свободных эмулонов резко возрастает, «паркетная» структура распадается. А при 75—80°C эмулоны полностью разрушаются, вода превращается в однородную жидкость и скорость звука в ней приобретает максимальное значение, поскольку исчезли границы раздела. Эти изменения очень трудно объяснять физикам; они прибегают к сложным построениям для объяснения аномалий воды. На наш взгляд, это довольно просто: причина аномалий — в перестройке структур эмулонов.

Термограмма и аномалии воды

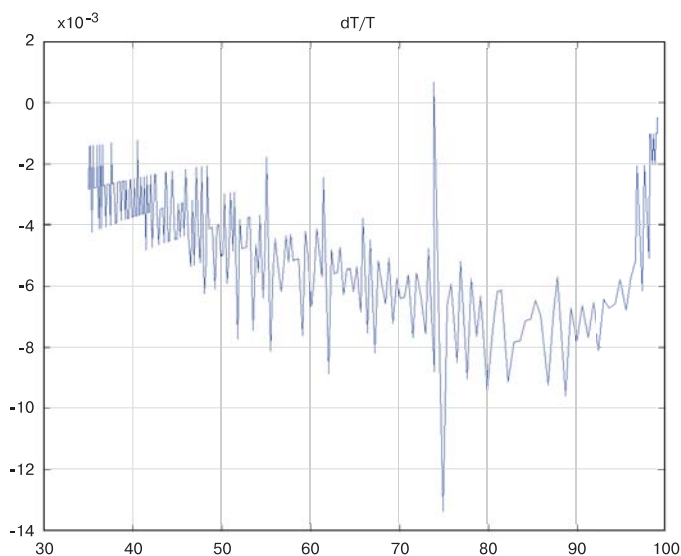
Реальность существования эмулонов, обнаруженных оптическими методами, мы подтвердили классическим дифференциально термическим анализом, когда при нагревании или охлаждении образца измеряют разницу температур между ним и эталоном, который заведомо не претерпевает никаких превращений. Выделение или поглощение тепла при каких-то структурных перестройках в образце проявляется на термограмме в виде пиков при той или иной температуре.

В исследуемом диапазоне температур мы обнаружили в дистиллированной воде характерные тепловые эффекты (см. рис. 4), свидетельствующие о структурных перестройках. Наиболее значимые из них соответствуют температурам 74,9; 62,5; 55,5; 40,7 и 37,7°C. Эти данные получены по результатам статобработки многих измерений — и не только при нагревании, но и при охлаждении образцов.

Поскольку в воде никаких иных крупных структур, кроме эмулонов, обнаруженных оптическим методом, нет, то остается предположить, что структурные перестройки связаны именно с ними. Это могут быть изменения в способе упаковки гидратированных ионов внутри эмулонов, изменения размеров при последовательном распаде отдельных фракций, характера связей между эмулонами, то есть каких-то структур более высокого порядка. Самое замечательное заключается в том, что именно при этих температурах проявляются аномальные свойства воды: скорость звука максимальна, адиабатическая сжимаемость и вязкость минимальны, минимальна теплоемкость, максимальна плотность. Это не может быть случайным.



3
Так выглядят эмулоны в дистиллированной воде, охлажденной до 4°C (а), в воде комнатной температуры, которую мы пьем (б), в горячем чае с температурой 75—80°C (в)



Эмулоны, талая вода и квакеры

Используя понятие об эмулонах, мы можем объяснить необычные свойства талой воды. В талой воде, в отличие от обычной, размер эмулонов гораздо меньше — преобладает фракция 1—3 микрона. Возможно, с этой особенностью строения талой воды и связана ее биологическая активность. Эмулоны маленького размера менее стабильны из-за того, что площадь их поверхности больше относительно объема; они быстрее и с меньшими затратами энергии распадаются на составляющие, более доступные для живой клетки.

Поскольку фракция эмулонов с небольшим диаметром очень быстро уменьшается, а крупных, размером в 70 мкм, растет (показано в эксперименте), то активность талой воды падает. Иногда, хотя и очень редко, можно услышать «песенку» воды: талая вода, находясь в покое, вдруг начинает издавать мелодичные звуки. Это явление имеет ту же природу, что и звуки, похожие на шелест и возникающие как будто ниоткуда в морозную зимнюю ночь. Их источник — кристаллизация мелких капелек тумана (романтики называют его «шепотом звезд»). Из той же серии явлений и «крик олова» — характерные щелчки при изгибании палочки чистого олова, связанные с двойникованием кристаллов (один из типов пластической деформации), и другие.

Наблюдения активности разных видов воды стали основой для спекуляций о ее «памяти». Из исследования эмулонов следует, что существуют неравновесные состояния воды, как у любого вещества, претерпевающего фазовые превращения, и связаны они с предысторией образца. Но ничего более про эту память сказать нельзя, и уж конечно, никакой информации на воду записать невозможно. Может быть, со временем для этого разработают устройства, использующие свойства поверхностных и адсорбционных слоев воды. А перевести воду в неравновесное состояние можно замораживанием, нагреванием, кипячением, «дезинтегрированием», обработкой ультразвуком, воздействием различных полей и многими другими способами. Во всех этих случаях в воде будут образовываться состояния с характерным фракционным составом эмулонов, но все это будут неустойчивые состояния, сохраняющие свои свойства в нормальных условиях ограниченное время.

Перестройка эмулонов может сопровождаться возникновением топологических солитонов, то есть сравнительно медленных одиночных волн. Это подтверждено расчетами, выполненными доктором физико-математических наук А.В.Савиным методом молекулярной динамики, для цепочки, состоящей из тысячи эмулонов, которые могут находиться в

4

Температурные эффекты при нагревании воды



ГИПОТЕЗЫ

нескольких устойчивых состояниях. Результаты численного моделирования показали, что при повышении температуры возникает переход, который сопровождается распространением по цепи топологического солитона. Он появляется благодаря локальным разрушениям эмулонов одного какого-то размера, изменению формы цепочки и переходом ее из одной конформации в другую. Этот процесс бежит по сосуду, как волна. Именно такой сценарий изменения структуры воды можно наблюдать экспериментально при нагревании одного конца длинного сосуда с водой: в некоторый момент образуется солитон, равномерно движущийся вдоль сосуда. Он выглядит как светлая полоска, хорошо заметная невооруженным глазом (при равномерном освещении на фоне экрана с периодической структурой поверхности, например сеткой, решеткой и т.п.)

Вероятно, наличие таких переходов раскрывает тайну «неопознанных плавающих объектов» в морях и океанах, происхождение которых остается неизвестным. Бывали случаи, когда эти объекты преследовали подводные лодки, издавая характерные акустические сигналы, напоминающие кваканье лягушки. Вот почему подводники прозвали их «квакерами». У тех, кто слышал «квакеров», складывалось впечатление, что неизвестные источники звука действуют осознанно. В свое время, в 70-е—80-е годы прошлого века, при разведуправлении ВМФ была создана спецгруппа, которая должна была изучить подобные явления. В результате миллионы рублей были выброшены в море, а объяснить явление не удалось.

Если же принять во внимание, что структурные изменения в воде сопровождаются низкочастотными квакающими звуками, то все проясняется. Подтверждением служит то, что районы, где подводники чаще всего слышат непонятные звуки, совпадают с областями резкой смены температуры морской воды в Мировом океане. Со структурными переходами в морской воде могут быть связаны и загадочные свечения в океане. Светящиеся спирали и круги на поверхности моря вполне могут быть автоволновыми процессами структурной перестройки воды, связанными каким-то образом с концентрацией энергии.

Наличие эмулонов и сложная структурная организация позволяют воде отвечать на одинаковые внешние воздействия разными способами и проявлять значительные времена релаксации.

Нам кажется, что мы приблизились к разгадке тайны воды. Но сколько их еще у нее?

Научные статьи по этой теме:

Смирнов А.Н. Акустическая эмиссия при протекании химической реакции и физико-химических процессов. «Российский химический журнал», 2001, 45, 29.

Смирнов А.Н. Новые структуры воды: эмулоны. «Молекулярная биофизика, Физика живого», 2010, 18 (2), 5.

Смирнов А.Н. Структура воды: новые экспериментальные данные. «Наука и технологии для промышленности», 2010, 4, 41.



Жидкая структура



ДИСКУССИИ

Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Частица в фазе

Споры о структуре воды ведутся не первое десятилетие. Одни исследователи категорически утверждают: у чистой воды не может быть никаких долгоживущих структур, потому что энергия образующих их водородных связей слишком мала и тепловое движение неизбежно такие структуры разрушает. Обоснованием служит термодинамика, в соответствии с правилами которой вероятность перехода системы из одного состояния в другое есть экспонента, а ее показатель — разность энергий между этими состояниями, отнесенная к мере теплового движения kT и взятая с отрицательным знаком. Чем меньше становится разность энергий относительно kT , тем ближе этот показатель оказывается к нулю, а вероятность перехода к своему максимальному значению — единице. Иными словами, тем быстрее система переходит из одного состояния в другое. Бывает, впрочем, ситуация, когда разность энергий между состояниями мала, но по дороге между ними система должна преодолеть промежуточное состояние с высокой энергией. Тогда вероятность перехода будет определяться высотой этого активационного барьера. Получив прибавку энергии для его преодоления, система может перепрыгнуть даже в менее энергетически выгодное состояние и там остаться надолго, дожидаясь новой энергетической подпитки для обратного преодоления барьера. Это будет метастабильное состояние.

Одного факта различия энергий между двумя структурами недостаточно, чтобы произошло превращение одной в другую: в дело вмешивается граница. Представим себе, что у нас есть более плотная и менее плотная структуры и в первой энергия каждой молекулы ниже. Тогда плотная структура оказывается энергетически выгодной, и вся система должна

бы в нее перестроиться. Однако у расположенной на границе молекулы энергия повышена, и море молекул менее плотной структуры вполне может вырвать ее из энергетически выгодного плотного окружения. Поскольку чем больше частица, тем меньшую роль играет ее граница, и возникает понятие о критическом размере зародыша: частицы меньшего размера при всей энергетической выгодности структурного превращения оказываются неустойчивыми.

Итак, для того, чтобы получить стабильные частицы с иной структурой, необходимы два обстоятельства: преимущество энергии, значительно превосходящее энергию теплового движения молекул, и размер, больший критического.

В жидкости энергия теплового движения по определению сравнима с энергией связи между молекулами — в противном случае получается либо твердое тело (если она гораздо меньше), либо газ (если значительно больше). Поэтому с точки зрения термодинамики долгоживущим структурам в ней места нет. И действительно, компьютерное моделирование это подтверждает. Вот, например, свежий расчет, проведенный исследователями из университетов Фрайбурга, Страсбурга и Цюриха во главе с Франческо Рао, который работает во всех трех этих научных учреждениях («Journal of Physical Chemistry B», 2010, 114, 15598–15604). Методом молекулярной динамики они насчитали в чистой воде огромное количество возможных структур с низкой энергией, однако все они разделены барьерами, высоты которых сравнимы с энергией теплового движения, отчего легко переходят друг в друга с характерным временем 200–400 фемтосекунд. Эти теоретические соображения не раз подтверждались экспериментами по изучению структуры жидкостей.

Нестабильность неоднородностей

Один из методов исследований структуры воды — спектроскопия. Молекула испытывает постоянные колебания: например, связь между протоном и гидроксилом то удлиня-

ется, то укорачивается. Поэтому она поглощает излучение с частотой резонанса таких колебаний. Водородные связи соединяют все молекулы воды в один большой кластер, дипольные взаимодействия между молекулами быстро рассеивают энергию колебаний между соседями. Это влияет на движения в молекулах, и резонансная линия, во-первых, становится шире. А во-вторых, если в жидкости существует несколько типов расположения молекул друг относительно друга, то появится несколько резонансных линий. Попытаться перекинуть часть молекул воды в какое-то другое структурное состояние, отличающееся от общераспространенного, можно, добавив энергию — осветив инфракрасным светом определенной частоты. За стабильностью же полученной неоднородности следят, изучая изменения поглощения второго луча. Такие опыты проводили неоднократно с неизменным отрицательным результатом. Вот, например, что получили канадские исследователи из университета Торонто во главе с Р.Дж.Д.Миллером при помощи немецких коллег из берлинского Института нелинейной оптики Общества Макса Борна («Nature», 2005, 434, 199—202; doi: 10.1038/nature03383). Они создали тонкий, в полмикрона толщиной, слой воды между двумя тончайшими прозрачными пластинками нитрида кремния (это было сделано для уменьшения ошибок измерения) с покрытием из диоксида кремния (для гидрофобности). Освещали образец они сверхкороткими — фемтосекундными — импульсами инфракрасного излучения. Действительно, такой импульс возбуждал образец и создавал какой-то особый порядок в расположении молекул, что проявлялось в сдвиге резонансной частоты колебания. Однако память воды оказалась совсем короткая — менее чем за 100 фемтосекунд от этого порядка не оставалось и следа, кроме небольшого общего нагрева образца, то есть никаких устойчивых структур создать не удалось. Отсюда следует важный вывод: если и возможны в чистой воде такие метастабильные структуры, которые отгорожены от общего хаоса достаточно высоким энергетическим барьером, чтобы тепловое движение не могло систему через него перебросить, то получить их подобным простым способом не удастся.

Трудности затвердевания

А какова же равновесная структура чистой жидкой воды? Общепринято мнение, что каждая молекула воды со своим ближайшим окружением составляет искаженный, постоянно изменяющийся тетраэдр. При затвердевании все молекулы занимают в нем строго определенные положения, образуя кристаллическую решетку. А при плавлении этот порядок разрушается, и молекулы выбирают достаточно произвольные места относительно строгого расположения. Главное, чтобы между каждыми двумя кислородами лежал один водород и у каждой молекулы оказалось четыре соседа. При этом где-то плотность расположения на краткий миг увеличивается, где-то уменьшается, и в силу теплового движения эти области постоянно изменяются.

Однако все может быть отнюдь не столь просто. В 2004 году международная группа физиков из 12 человек во главе с Андерсом Нильсоном из Стэнфордского и Стокгольмского университетов получила принципиально новые данные о строении жидкой воды. Используя синхротронные источники в США и Швеции, они применили метод рентгеновской абсорбционной спектроскопии («Science», 2004, 304, 5673, 995—999; doi: 10.1126/science.1096205). Его суть в том, что рентгеновские лучи, взаимодействуя с электронными облаками атомов, перебрасывают их на вышележащий уровень, отчего в спектре возникает поглощение. Тонкая структура этого поглощения позволяет выявить, в частности, как перераспределяется электронная плотность в молекуле воды от

атома водорода к кислороду, и ответить на вопрос, сколько водородных связей в среднем имеется у молекулы. А изучали в этой работе, во-первых, лед, во-вторых, поверхность льда, в-третьих, пар, а в-четвертых, воду при 25°C и 90°C. И оказалось, что вода стоит ближе не ко льду как таковому, а к его поверхности, где отнюдь не каждая молекула соединена со своим соседом водородной связью. В жидкой воде имеются оборванные водородные связи, и их много: расчет показал, что среднее число водородных связей на молекулу воды не 4, а 2,2, причем это число слабо зависит от температуры. Это соответствует уже не тетраэдрам, а цепочкам или кольцам из молекул воды, связанных сильными водородными связями. Интересно, что квантово-механический расчет показывает: водяная система с двумя состояниями водорода — при наличии водородной связи и ее отсутствии — действительно возможна, причем ее энергия мало отличается от традиционной, на основе разболтанных тетраэдров.

Эта работа вызвала серьезное недоумение, ведь она противоречит взглядам, устоявшимся в течение десятилетий. Алан Соупер из Резерфордской лаборатории, работающий на оксфордском источнике нейтронов и мюонов ISIS, отмечает в докладе «Современные мифы о воде», специально подготовленном по этому поводу («Pure Applied Chemistry», 2010, 82 (10), 1855–1867; doi: 10.1039/PAC-CON-09-12-16), что, скорее всего, виноваты методические трудности, связанные с расшифровкой экспериментальных данных. Он провел свой расчет и показал, что, если разболтанный тетраэдр все-таки имеется, но атомы водорода у молекулы воды неэквивалентны, то есть на одном электронная плотность больше сдвинута, чем на другом, тогда это состояние невозможно отличить от цепочек, найденных Нильсоном с коллегами. Кроме того, есть и другие данные, выполненные абсорбционной спектроскопией рентгеновских лучей, которые свидетельствуют: некоторые молекулы тетраэдра могут иметь не четыре, а три водородные связи. Еще одно исследование, выполненное в 2008 году, показало, что спектры воды близки к спектру аморфного льда высокой плотности. А про него известно, что в тетраэдре присутствуют молекулы воды, ни с чем не связанные водородными связями. Не исключено, что Нильсону не надо было усреднять связи по молекулам и получать цепочки, а ограничиться констатацией наличия молекулы с разным числом водородных связей. Правда, тут смущает число: чтобы удовлетворить результатам эксперимента, в структуры с двумя соседями, по его мнению, должны быть объединены 80—85% молекул образца в зависимости от температуры. Видимо, в ближайшее время этот спор продолжится — на сайте группы Нильсона упомянута очередная статья о структуре воды, которая в ноябре 2012 года еще не вышла из печати.

Игры структур

Следующую из подобных результатов идею о том, что в чистой жидкости все же возможен какой-то долгоживущий порядок, можно развить дальше и попытаться обосновать возможность существования долгоживущих упорядоченных структур, что и делает относительно немногочисленная группа ученых. Особенно велико, по их мнению, количество таких структур должно быть при температуре, близкой к температуре фазового превращения, что и неудивительно — чем ближе к ней, тем меньше разница энергий между структурами жидкого и твердого вещества. Есть и экспериментальные данные, которыми можно попытаться доказать справедливость такого предположения. Так, о наличии структур в расплаве металлов при температуре ненамного выше температуры плавления могут свидетельствовать небольшие изгибы на зависимости электропроводности от температуры. Впрочем, оппонеты указывают, что такие изгибы находятся в пределах ошибки измерения и полагаться на них нельзя.

Очевидно, что чем меньше энергия упорядоченных кластеров, образующихся в жидкости, тем выше частота, с которой они появляются, и больше время жизни. Однако чтобы получить ответ на вопрос, какова продолжительность этого времени, нужен метод, позволяющий найти некий конкретный кластер и проследить за его жизнью. Эту программу реализовать очень трудно, но зато можно попытаться осуществить известный термодинамический фокус — применить эргодическую гипотезу, предложенную Больцманом. Ее суть состоит в том, чтобы усреднение по времени заменить усреднением по ансамблю, то есть, изучив много кластеров в какой-то момент времени, сказать, как поведет себя один кластер в течение длительного времени. В применении к структуре жидкости надо попытаться с помощью быстрого охлаждения заморозить все имеющиеся в ней структуры, а потом традиционными методами исследования твердого тела — рентгеновской дифракцией и микроскопией, электронной или атомно-силовой — не торопясь изучать, каких упорядоченных конфигураций больше всего. Они и будут самыми долгоживущими. С водой подобные эксперименты не ставят, а вот быстрозакаленные сплавы предоставляют возможность провести это исследование. Ею воспользовались исследователи из университетов Висконсина и Айовы во главе с П.М.Войлесом («Physical Review Letters», 2012, 108, 195505). Они работали с быстрозакаленным сплавом $Zr_{50}Cu_{45}Al_5$; он принадлежит к числу объемно-аморфизирующихся материалов, то есть, если правильно подобрать температуру, при отжиге переходит не в кристаллическое, а в аморфное состояние.

После быстрой (скорость охлаждения 10^6 К/с) закалки получались тонкие ленты. Их исследование традиционной рентгенографией показало отсутствие дальнего порядка в расположении атомов — как и положено для любой жидкости, пусть и замороженной. Однако это были средние данные по образцу. А вот локальные оказались иными: исследователи сделали несколько тысяч замеров нанодифракции, то есть от областей размером в нанометры, и там порядок обнаружили, причем двух типов. Часть атомов образовывала кластеры с пятерной симметрией, что свойственно квазикристаллам, а часть — кристаллические кластеры, с симметрией четвертого и шестого порядков (то есть на основе квадратов и шестиугольников). Более того, с помощью нового метода флуктуационной электронной микроскопии удалось почти впрямую посмотреть на атомы. (Почти — потому что для расшифровки результатов измерений были построены компьютерные модели и выбрана та, что дала наиболее близкие данные.) В обоих случаях атомы упорядоченно располагались в виде четко выделяемых плоскостей, которые были достаточно случайно сдвинуты друг относительно друга, — то есть никакие красивые, геометрически правильные картинок зафиксировать не удалось. Зато оказалось, что кластеры разного типа объединены в протяженные суперкластеры с достаточно вольным расположением отдельных элементов. Так реальный быстро застывший аморфный металл оказался подобием чистой жидкой воды, полученной методом компьютерного моделирования, — два огромных суперкластера с упорядоченным и неупорядоченным расположением молекул.

При нагреве же до достаточно высокой температуры кристаллические кластеры исчезали за несколько минут, оставив лишь пентагональные образования. Так и должно быть — в этом материале кристаллические образования обладают слишком большой энергией границы, и их зародыши никак не могут дорасти до критического размера: некристаллическое окружение их с легкостью разрушает. Видимо, в жидкости вблизи температуры затвердевания идет тот же процесс, только новые зародыши там имеют шансы постоянно появляться, когда же прошел переход в твердое состояние, таких шансов у них уже нет. Это исследование можно считать

прямым экспериментом, подтверждающим и возможность существования в чистой жидкости упорядоченных образований, и скоротечность такого существования.

Жизнь на границе

Появление в жидкости инородного тела, особенно заряженного, резко меняет правила игры, потому что оно неизбежно упорядочивает пространство вокруг себя, сначала на границе, а затем распространяя порядок вглубь. Это приводит к серьезному изменению свойств как жидкости, так и твердого субстрата. Примером первого типа явлений может служить история со сверхглубоким переохлаждением.

На этот феномен — способность капли воды не затвердевать, даже охладившись гораздо ниже температуры кристаллизации, — обратил внимание еще Фаренгейт в 1724 году. Типичное проявление — капли дождя в холодных облаках с температурой на десятки градусов ниже нуля. Где-то в середине XX века стали считать, что за глубокое переохлаждение отвечают именно пентагональные кластеры, присутствующие в жидкой воде: поскольку фигурами на основе пятиугольников нельзя заполнить пространство без промежутков, для кристаллизации (забудем на время о квазикристаллах, см. «Химию и жизнь», 2011, № 12, которые в воде не формируются) нужно превратить пентагоны в нечто более симметричное. На это не хватает энергии, вот холодная жидкость и не может ни на что решиться.

Эту гипотезу проверили французские исследователи, работавшие на Европейском синхротронном источнике рентгеновских лучей в Гренобле (Агентство «AlphaGalileo», 21 апреля 2010 года). Они взяли каплю расплава кремния с золотом, поместили ее на кремниевый кристалл и стали охлаждать. Кристалл же готовили так, чтобы на поверхности получались атомные узоры разной симметрии, а именно в виде пятиугольников, квадратов и треугольников. Атомы на поверхности кристалла взаимодействовали с атомами жидкости в приповерхностном слое и упорядочивали их, относительный же порядок распространялся на несколько слоев в глубь жидкости. Таким образом, получались жидкие кластеры соответственно с пятерной, четверной и тройной симметрией. И что же? Там, где возникла пятерная симметрия, жидкость переохлаждалась на 300 градусов ниже точки кристаллизации! А с другими симметриями так не получалось.

Влияние упорядочившейся воды на твердый субстрат проявляется, например, во взаимодействиях воды с биологическими полимерами. Исследователи из Рурского университета в Бохуме обнаружили весьма интересные последствия таких взаимодействий в активности одного из межклеточных металлоферментов («Nature Structural & Molecular Biology», 2011, 18, 10, 1102—1108). Эта крупная молекула окружена водной шубой из десяти тысяч молекул. Их привязанность к полимеру сказывается на времени жизни водородных связей: если в чистой воде они переключаются с молекулы на молекулы каждые полторы пикосекунды, то принадлежность к шубе их стабилизирует, увеличивая это время до 2,6 пс. Однако та сотня молекул, что непосредственно окружает каталитический центр, где расположен ион цинка, сохраняет свои связи в пять раз дольше — 7,2 пс. И на пептиде по мере образования комплекса с ферментом возрастало время жизни водородных связей. Тогда же одна часть молекул воды вокруг иона цинка резко увеличивала скорость своего движения, другие же — замедлялись. Все это свидетельствует об их важной роли в превращении пептида под действием фермента. По мнению авторов работы, такие специфические изменения в поведении воды обеспечивают оптимальное связывание двух биомолекул при работе каталитического центра.

Другая группа из того же университета обнаружила, что белок для выполнения возложенных на него функций нуждается в специфически выстроенных цепочках из молекул воды

(«Proceedings of the National Academy of Science», 2011, 108 (28), 11435—11439; doi: 10.1073/pnas.1104735108). Они работали с бактериородопсином, который перетаскивает протоны сквозь мембрану у некоторых архей и обеспечивает таким образом примитивную форму фотосинтеза. Бактериородопсин принадлежит к семейству GPC рецепторов, за открытие и исследования которых была присуждена Нобелевская премия по химии 2012 года (см. «Химию и жизнь», 2012, № 11). Точнее, как раз из-за белков вроде бактериородопсина рецепторы, сопряженные с G-белком, стали называть 7ТМ-рецепторами (с семью трансмембранными доменами) — оказалось, что среди них есть и не связанные с G-белком, и бактериородопсин один из них.

Так вот, цепочки из молекул воды быстро переправляют протоны по этому белку с помощью механизма Гротгуса. Его первоначально предложил в 1806 году проживавший в Литве немецкий химик Теодор фон Гротгус, изучавший электролиз воды. В современных терминах механизм выглядит так: протон присоединяется к первой молекуле цепочки, затем от ее второго конца отделяется другой протон, участвующий в водородной связи, и цепляется за следующую молекулу, повторяя операцию. Скорость оказывается во много раз больше, чем при простом блуждании. В 1950 году Манфред Эйген получил Нобелевскую премию, в частности, за экспериментальное подтверждение механизма Гротгуса. Именно так, по цепочке из трех молекул, перемещается протон от одной части бактериородопсина к другой. А дальше, предотвращая возвращение протона назад, эта цепочка разрушается — с тем, чтобы спустя несколько миллисекунд, когда протон окажется внутри клетки, восстановиться для нового цикла. Этот механизм работает не по мановению волшебной палочки, а благодаря изменению конформации бактериородопсина под действием света. Возможно, схожий механизм присутствует и при передаче протонов другими трансмембранными белками.

Ион в окружении

Заряженный ион — не гигантская молекула, от него сложно ожидать подобных фокусов. Однако свою структуру из воды он своим зарядом содержать способен. Подробные исследования таких структур с помощью дифракции нейтронов предприняли, например, итальянские ученые из Третьего университета Рима во главе с Р. Манчинелли при участии уже упомянутого Алана Соупера. А изучали они радиальную плотность распределения молекул воды вокруг ионов щелочных металлов, галогенов, а также водорода («Physical Chemistry Chemical Physics», 2007, 9, 2959—2967, «Journal of Physical Chemistry B», 2009, 113, 4075—4081). Основной вывод, следующий из их работ: молекулы воды вокруг иона располагаются не так, как в чистой воде. Суть этого отличия — повышенная плотность в расположении молекул. Получается примерно так, как в чистой воде под давлением в 50 МПа. Чем меньше диаметр иона, тем сильнее выражен эффект. Ион водорода — протон — образует с ближайшей молекулой воды короткую связь длиной в 1,05 Å и, как правило, еще одну длинную связь (1,33 Å) с другой молекулой. Соединяется он, естественно, с атомом кислорода. Напомним, что в самой молекуле воды расстояние между атомами кислорода и водорода составляет 0,96 Å. Эффект увеличения плотности в расположении молекул воды вблизи протона хорошо прослеживается во втором слое вокруг иона и практически не различим в следующем, третьем слое. Примерно такая же картина наблюдается и для ионов щелочных металлов, и для анионов вроде гидроксидов или галоген-иона. Поскольку третий слой воды расположен на расстоянии примерно 6 Å, получается, что единичная связанная с ионом неоднородность в строении воды имеет вид шарика диаметром не более 12 Å. Наличие таких неоднородностей неизбежно сказывается на свойствах воды, например



на ее вязкости, — перемещать подобные крупные шарики, особенно если их много, труднее, чем отдельные молекулы. По мнению авторов работы, именно наличие гидратированных ионов и обеспечивает повышение вязкости соленой воды по сравнению с пресной.

С учетом того, что в нейтральной воде на один ион водорода приходится 10^7 молекул воды и в одном кубическом ангстреме содержится 0,033 молекулы воды, нетрудно подсчитать, что один ион водорода должен приходиться на куб со стороной около 600 Å, или 0,06 мкм, или 50 диаметров упомянутого шарика. Иными словами, если бы такие мелкие частицы можно было бы увидеть и сфотографировать, то на фотографии размером 3 × 3 см должно быть одно изображение шарика диаметром 6 мм. Предположим, что таинственная сила способна собрать много гидратированных ионов в одном месте и долго удерживать их в виде частицы размером в микрон (которую уже можно увидеть с помощью света). Тогда получим длину ребра упомянутого куба в 50 мкм. Стало быть, когда на фотографии присутствует сотня подобных микронных частиц, это значит, что наблюдатель видит не один слой, а стопку из сотни таких кубов, и ее общая высота равна 5 мм.

Можно ли мелкие шарики ионов в гидратных шубах наблюдать напрямую, а не судить о них по изменению колебаний молекул? Ответ на этот вопрос тоже содержится в докладе Соупера, поскольку еще один недавно реинкарнировавший миф — вода состоит из двух фаз, плотной и разреженной. Он рассуждает так. Если в разреженной воде распределены жесткие шарики плотной воды (а если они не жесткие, если не обладают границей, препятствующей быстрому переходу молекул из одной фазы в другую, — никакой двухфазной воды не получится), это скажется на структурном факторе, рассчитываемом из данных по малоугловому рассеянию рентгеновских лучей. Более того, именно его небольшое увеличение стало поводом для недавнего заявления большой международной группы из 16 авторов о том, что вода гетерогенна по своей сути («Proceedings of the National Academy of Science», 2009, 106, 15214). Нетрудно посчитать, пишет Соупер, что измеренное в этой работе отклонение структурного фактора можно получить в двух случаях. Первый — доля объема образца, занятая этими шариками плотной воды, не должна превышать 10%, и различие плотностей нужно меньше, чем 10% (а в модели двухфазной воды эти различия существенно больше). Второй — частицы этой плотной фазы сильно различаются своими формами и размерами, но тогда они ничем не отличаются от хорошо известных всем, кто занимается водой, быстрых флуктуаций ее структуры.

В целом же складывается впечатление, что начатый Вильгельмом Рентгеном спор о структуре воды будет продолжаться еще долго. Однако у сторонников ортодоксального мнения, уверенных в отсутствии структур, которые были бы устойчивыми дольше считанных мгновений, имеется достаточно обширный арсенал для обороны их научных позиций.



Насос вместо нейтрализатора



ДОМАШНИЕ ЗАБОТЫ

В канун Нового года хорошо уехать из города в деревню да и провести там каникулы. Белый снег, трескучий мороз, приятно пахнет дымком, который поднимается из печных труб... Стоп. А всегда ли приятно? Когда дыма становится много, никакого удовольствия от него нет, и вспоминаешь, что содержит он многочисленные продукты неполного сгорания топлива, в том числе и большие количества вредных для здоровья веществ, от угарного газа до всевозможной ароматики. О том же, что вырывается из выхлопных труб автомобилей, лучше и не говорить. В мировом масштабе получаем миллионы тонн топлива, сжигаемых ежегодно в миллиарде автомобилей и несметном множестве печей, и соответственно миллионы тонн вредных веществ в воздухе.

Проблема не нова, подходы к ее решению имеются. Поскольку радикальный способ — переход на альтернативные источники энергии — дело далекого будущего, снижать уровень загрязнения приходится химическими методами. Например, устанавливать на выхлопную трубу нейтрализатор с палладиевым катализатором: он дожигает наиболее вредные газы вроде угарного или оксида азота. Это устройство недешевое, не все вредные вещества способны перевести в безвредную форму, а от твердых частиц выхлопа спасти не может в принципе. Что же касается печных труб — а теперь каждый желает иметь камин или печь в своем загородном коттедже, и поселки обрастают любой крупной город как опята пень, — то здесь о чистоте воздуха вообще никто не задумывается.

Однако можно пойти другим путем и использовать физическую химию — растворить все газы выхлопа в воде. Для этого с помощью водоструйного насоса нужно направить поперек выхлопной трубы струю жидкости: вырываясь из сопла с большой скоростью, она захватывает газ и мелкие частички вещества и уносит их с собой. Никому не приходило в голову использовать насос для поглощения продуктов сгорания топлива, тем не менее сделать соответствующее устройство несложно.

С одной стороны трубы стоит компрессор. Он создает давление, под которым струя жидкости вырывается из сопла,

пролетает поперек трубы, захватывая продукты сгорания, и попадает в отверстие на противоположенной стороне, где находится приемная камера. В нее же засасывается и атмосферный воздух. Жидкость интенсивно перемешивается с продуктами сгорания и воздухом и циркулирует по замкнутому трубопроводу между двумя попеременно наполняемыми и опорожняемыми бачками-отстойниками. При насыщении жидкости продуктами сгорания ее надо будет сдавать на утилизацию по той же схеме, что и отработанное масло, — выливать на землю нельзя, в ней много опасных веществ.

Одновременный засос в приемную камеру водоструйного насоса топливных газов и атмосферного воздуха сопровождается интенсивными химическими реакциями. Так, соединение ядовитого оксида азота NO с кислородом воздуха приводит к образованию NO_2 . Растворяясь в воде, он порождает азотистую кислоту HNO_2 и азотную HNO_3 . Этот же процесс идет и в атмосфере, только с меньшей интенсивностью, и последствия иные — раствор кислоты в конце концов выпадает кислотным дождем, а не собирается в бачке-отстойнике. Растворение двуокиси азота при избытке кислорода увеличивает эффективность ее перевода в азотную кислоту и улучшает захват жидкостью бензпирена, альдегидов и частиц сажи. Твердая и жидкая фазы продуктов сгорания топлива собираются в отстойниках и периодически утилизируются. Газовая составляющая продуктов горения (N_2 , CO_2 и другие газы), поглотившаяся струей воды, но не растворившаяся в ней и не прореагировавшая с кислородом, улетучивается затем из рабочей жидкости.

Примерно такую конструкцию мы испытывали на автомобилях ИЖ-412 и ВАЗ 21093, при этом струю от водоструйного насоса пропускали через заглушенную выхлопную трубу. Наличие заглушки вовсе не препятствовало работе двигателя — струя воды увлекала и выводила выхлопные газы и другие продукты неполного сгорания топлива, то есть создавала достаточную тягу для их удаления из двигателя. Еще одно полезное свойство насоса-нейтрализатора в том, что он уменьшает сопротивление выхлопному

потоку газов, а струя жидкости поглощает шум. Это в перспективе делает ненужной выхлопную трубу и глушитель.

Расчет показывает, что автомобиль расходует около 0,7 г бензина за одну секунду. Если даже считать, что в процессе сгорания бензин превращается в газ с молекулярным весом 30, то такое количество бензина при сгорании составляет примерно $1,5 \cdot 10^{22}$ частиц. На самом деле они тяжелее, и это число — сильно завышенная оценка сверху. Однако с удалением даже такого количества частиц легко справляется водоструйный насос ВВН-1. Он удаляет в 50 раз больше молекул, то есть способен полностью забрать все частицы продуктов горения топлива, вышедшие из двигателя.

Если такое устройство использовать для очистки печных газов, то удастся избавиться не только от вредного дыма, но и от проблемы конденсата при топке буржуйки или камина, обсуждением которой забиты все форумы печников. Поднимаясь по длинному металлическому дымоходу, печной газ охлаждается и может остыть ниже точки росы раньше, чем достигнет выходного отверстия. Тогда вода, сконденсировавшись на холодной стенке дымохода (особенно если на улице стоит трескучий мороз), потечет вниз, а в ней станут растворяться несгоревшие компоненты топлива. Получится черная вонючая жидкость. Она может вытекать в местах стыка труб, может капать в топку камина. Для борьбы с конденсатом дымоход утепляют и применяют различные хитрости. Устройство на базе водоструйного насоса могло бы легко избавиться от конденсата за счет контролируемого охлаждения газов и их очистки, а поглотившая тепло газов жидкость станет еще и дополнительным средством обогрева.

В принципе, если правильно подобрать мощность струи жидкости — чтобы она обеспечила тягу, — длинный дымоход станет вообще не нужен. Тут, правда, потребуется очень надежный источник электричества для питания насоса: при его отключении печь без дымохода быстро превратит дом в газовую камеру.

Н.А. Мискинова,
Б.Н. Швилкин
bshvilkin@yandex.ru



Репка

НАНОФАНТАСТИКА

Наталья Духина

Посвящается экзопланете Gliese 581 d

— Раз... два... три! Тянем, тянем-потянем! дружно! И отпускаем! — хрипел Лосев в микрофон. — Молодцы! Дышим!

Процесс раскрутки шел полным ходом. Народ в едином порыве тянул канаты, увязанные в единую сложную сеть, которая сходилась в центре скалы. Не меньше часа каждый день, по земным часам если считать. На этой долбаной планете ход времени отмечать можно только по приборам. Двигаясь вокруг светила, Эзита повернута к нему одной стороной — и ни закатов с восходами, ни смены дня и ночи, лишь красный диск, намертво пришипленный к небосводу.

Одна половина шара была раскаленной сковородой, другая — стылым, вымороженным куском. Жизнь ютилась на стыке, в опоясывающей планету полосе. От зимы до лета несколько километров. И вечные сумерки. Обрыдло.

— Собрались! Раз... два... три! Тянем! Тянем-потянем! поднатужились! и-йех!

Негоже тебе, Лосев, нос воротить. Если б не этот шарик, превратился бы твой звездолет в гроб летучий. Без энергии не только цикл жизнеобеспечения дохнет, но и писульку-SOS послать невозможно. Авария, ёклмн. Прямо в туннеле гиперпространства, эзитский корень, где ломаться ну никак не желательно — швырнет куда попало, и кукарекай там, на задворках. Еле дотянул до зеленой зоны, означавшей наличие поблизости экзопланеты. И весь имеющийся скудный запас энергии грохнул на выламывание прохода в родной 3d-мир.

— Ша! дышим!

Народец местный хоть и безграмотный технически, но ушлый, хитрый. Телепатит, мысли считывать умеет. Особенно вождь их опасен, любит в мозгах чужих ковыряться. Но и мы не

лапотники. Пришлось повертеться, однако, чтоб сносно здесь обосноваться. Едоков много, земли мало — извечная проблема. За так только шиш получишь, технологиями позапрошлого века откупались — радио, ТВ, электричество внедряли.

Но главное — идею им подкинул, как жизнь улучшить. Непорядок, в самом деле: такая громадная планета, а используется лишь на полпроцента! Фильмы про Землю показал, запечатленную в фантастически красивых ракурсах, — смотрите, как бывает! Наглядным пособием стала Алка: павой выплывала, в платице своем бесстыжем, замирала, потом ножкой р-раз — и закрутилась аки волчок! и вприсядку, и «ласточкой». Не зря позволил ей коньки на борту держать, пригодилось вобби. И доказали-таки, убедили: возможно закрутить Эзиту вокруг своей оси. Раскрученная, планета будет обогреваться более-менее равномерно, и воцарится жизнь на всей поверхности. Не сразу, конечно, а очень постепенно, день за днем, год за годом... чтоб без катаклизмов природная обитаемая полоса расширялась.

Заразились эзитяне идеей — до фанатизма. Сплотились. Войны прекратились, склоки утихли. Такой рывок в своем развитии дали, что сами себя раз в сто обогнали. За десять лет, что звездолет тут швартуется, научилось население под команды Лосева дергать слаженно, в резонанс.

— Ускоряемся, ребята. На каждый такт рвем. И раз!

Пришел решающий день, когда будет — или не будет — реализован их единственный шанс. Через несколько часов затянется проход в гиперпространство, через который они сюда вломилась. Не улетят сегодня — останутся навечно. Ассимилируются. Положат основу новой расе — эзитских землян. Или земляных эзитян? Кошмар.

— Два! Три! Тянем! Изо всех сил! Сильнее, мать вашу! И раз! И два! И три!

Починились после аварии быстро, долго — до сегодняшнего дня — энергию копили. Как в пещерном веке, батареями солнечными, в пустыне раскинутыми, по крупичам собирали. Негусто в итоге накопили, но до трассы должно хватить.

Самым сложным было придумать, как двигатель завести. Механизм зажигания, всмятку расплющенный, восстановлению не подлежал. Лосев голову сломал в поисках решения. Старый механик подсказал: методом толчка! Опыт предков! Правда, и транспорт тогда был не тот (автомобили на углеводородах), и мощности другие. Идею командир одобрил — за отсутствием альтернативы. Петька-теоретик просчитал, подтвердил: да, сработает. Но только если все разом и в одну сторону.

— Тянем! Раз, и раз, и раз, и раз! Тянем!

Пол под ним дрогнул. А-а! Получилось? Лампочки на пульте замигали! За-вел-ся, родимый, не подкачал!

— Готовность нуль! — дрожащим от переизбытка эмоций голосом отдал команду экипажу, который, впрочем, и так в нуле с утра потел. И в пике нетерпения трясся. Самых нервных заперли в мнемокамере, чтоб аборигены не учуяли.

Пристегнулся. Втопил зеленую кнопку. Отсчет пошел. Стрелку натяжения сети перевел на скалу — пусть и на себя ребята поработают, не все кораблю маслице.

Ну да, он врал им. Невозможно раскрутиться таким образом, увы, закон сохранения не позволяет. Зато толкнуть звездолет — вполне реально. Десять лет тренировал аборигенов, пока научились слаженно, в резонанс, все вместе, от мала до велика. От дедка до внуки. «Выживем — в «Репку» корабль переименую».

Замерцал экран личной связи, возник вождь. Учужал! Гляделись друг в друга, не мигая. Лосев, счастливый, улыбался, не прикрывая мозг завесой. Корабль сигарой беззвучно уходил в небо. Слова не нужны были — понял он все, вождь. И почему, и для чего. И бессмысленность процесса и чаяний осознал.

— Не поминайте лихом! Прощайте! — пробился сквозь помехи рев землянина.

Погас экран. Главный эзитянин прикрыл глаза, в отчаянии сжал голову. Но быстро оправился.

— И два! И три! Дружно! Тянем-потянем! — разнесся над планетой его уверенный голос.

На севере дальнем

Григорий Панченко

...Для нападения выбрали самую темную пору. Мела сильная поземка. Бойцы в белых халатах. Оленей не слышно. Это не лошадь, которая неожиданно может заржать и испортить все дело. Подобрались незаметно, переждали, пока фашисты улягутся, а потом внезапно налетели. Уничтожив охрану, взорвав самолеты и склад горючего, растворились в снежной круговерти незаметно, как и нагрязнули. Попробовали нас догонять, да куда там! <...>

...Однажды мы проводили крупный десант в тыл противника. Сопровождали десантные операции олени. В двух-трех километрах от берега мы накренили верхнюю палубу корабля и таким образом сбрасывали их в воду. Причем олени доплывали до берега быстрее шлюпок.

Е. Кузнецов. Батальоны идут сквозь пургу.
(«Человек и Север», 2002, № 2)



В нартах и под вьюком

В процитированной выше подборке армейских воспоминаний, относящихся в основном к событиям 1942 года, верно отражены такие полезные в военное время особенности оленьего транспорта, как его бесшумность и «амфибийность» (во всяком случае, для специфических условий северной войны). Уточним, что этот морской десант имел место во время Мурманской наступательной операции — к сожалению, трагически неудачной, но уж точно не по вине оленей, — то есть датируется он рубежом апреля и мая, когда вода в Баренцевом море была отнюдь не теплая, а суша и вовсе представляла собой ледяную жижу, по которой никакой транспорт, кроме оленьего, передвигаться не мог...

Остается добавить, что во время «сухопутных» диверсионных операций олени упряжки имели преимущество не только перед конными, но и перед собачьими: ездовые и «вьючные» псы, не пройдя служебной подготовки как таковой, тоже слишком часто подавали голос в самый неподходящий момент. А «всепроездимость» особенно хорошо проявлялась не только во время морского десантирования, но и в обычной работе на пространствах заболоченной тундры, и при пересечении не слишком надежно замерзших озер — рискованно, однако во время войны границы допустимого риска расширяются.

(Вообще-то на «большом» льду, озерном или морском, олень сильно уступает ездовой лайке, что всячески подчеркивалось в предвоенных методических пособиях, рекомендовавших делать ставку на собачьи, а не оленные нарты. Однако покрытый снегом лед мелких тундровых озер — особая статья.)

Итак, настало время поговорить о северных оленях. Казалось бы, какое отношение они имеют к нашей теме — необычным гибридам? Но дело в том, что аборигенные формы домашних животных отлично проявляют себя в тех условиях, для которых они, собственно, и были выведены. А вот условия армейского пользования неизбежно выходят за эти исторически сложившиеся рамки. И тогда возникает соблазн улучшить имеющиеся прототипы. В предвоенные десятилетия к попыткам этих улучшений подступались по-революционному.

Тогда же был поставлен вопрос не только об олене-, но и о лосеводстве — одна-



Иллюстрация из методического руководства 1940 года: «Скользких и падающих на льду оленей приходится заменять ездовыми собаками». Это правда, но не полная: даже на озерном льду бывает иначе

Еще со времен шведского историка Олауса Магнуса (XVI век) верховой и упряжной тип «северной езды» невольно мифологизируется, подгоняется под лошадиные параметры, причем олень превращается в совершенно умопомрачительный гибрид. Впрочем, трехголось северного оленя — еще более необъяснимый миф (большинство европейцев сохраняют в него веру даже через пару веков после Магнуса!)

ко это совсем уж отдельная тема, мы о ней поговорим в другой раз. Впрочем, если учесть, что описанные годы — эпоха бурного увлечения гибридизацией, позволительно полюбопытствовать, как отразилась эта специфика на «оленьем вопросе».

Судя по официальным публикациям и несколько менее официальным рассказам ведущих научных сотрудников Аскания-Новой, которые датируются, правда, уже пятидесятыми-шестидесятыми годами, но описывают события предвоенной эпохи, в заповеднике «не было получено межвидовых гибридов на основе лося». Эта формула, между прочим, указывает на имевшие место попытки. С северным оленем тоже ничего не получилось, хотя пробовали неоднократно.

Впрочем, непосредственно перед войной диверсант, прокрававшийся на территорию Аскания-Нова с мощным биноклем (или просто записавшийся на открытую экскурсию), имел право усомниться, что лосеолений гибрид создать не удалось. Потому что среди прочих четвероногих, иногда весьма странных, на глаза такому диверсанту

мог попасться колоссальный зверь покрупнее среднего лося и с рогами, «намекающими» на лопатчатую расплюснутость, которая ведь и северным оленям отчасти свойственна.

Это действительно была помесь, но не межвидовая: тут «отметились» такие дальние подвиды благородного оленя, как наш советский марал и североамериканский вапити. В качестве ездового или упряжного животного этот уникальный гибрид, при всей своей роскошной стати, никакого интереса не представлял.

Вообще же успешная и, главное, массовая гибридизация нескольких подвидов все того же благородного оленя была проведена там много раньше; результатом ее стало появление породного типа (а как его еще назвать?) «асканийский марал». Не умаляя заслуг асканийских селекционеров, все-таки скажем, что эта помесь не «была получена», а получилась случайно, в результате пертурбаций Гражданской войны, когда то красноармейцы, то махновцы, то врангелевцы, проходя по территории заповедника, регулярно разрушали вольтеры. Смешанные стада зебр, антилоп и проч. потом удалось разделить, а вот олени успели не только перемешаться, но и создать помесь. В той или иной степени она наследует пяти подвидам, но «формообразующими» из них стало два — марал и изюбр. Все они, в общем, существа лесные, однако асканийский гибрид по странному сцеплению генов оказался приспособлен к жизни в открытой степи.

Домашним животным его не сделали, да и не пытались. Однако эти степные маралы в определенном смысле представляют собой вызов животноводам. Во-первых, очень соблазнительно создать по-настоящему травоядного оленя. Нет, это не ошибка, ведь травоядность не синоним растительной-

ности. «Нормальные» представители семейства оленьих куда более капризны в гастрономическом смысле, требуя подкормки то ветвями деревьев, то ягелем и отказываясь переходить на универсальный, «конский» тип питания. Во-вторых же, испокон веков «ездовые звери» происходили от животных открытых пространств, способных не просто развивать высокую скорость, но и сохранять ее в течение достаточно длительного времени. Между тем большинство обитателей леса (прежде всего как раз олени) могут сделать резкий рывок, однако после этого рывка им требуется время, чтобы отдышаться и передохнуть.

Симптоматично, что единственный вид одомашненных оленей — тоже звери открытых пространств. Пускай не степи, но тундры.

Мы уже знаем: создать гибрид (пусть бесплодный, пусть даже по-зembroидному строптивый) не удалось — очень уж особняком стоит род северных оленей в семействе оленьих. Теперь посмотрим, что представляет собой исходный материал как таковой.

Тут ситуация аналогична той, что сложилась с яками. Оленей в качестве транспортных животных «выдумывать» не надо, они уже есть — одновременно скоростные, выносливые и относительно сильные. «Относительно» — потому что надо соизмерять нагрузку с их собственным весом: у самых крупных домашних оленей, тех, что родом из Южной Якутии или окрестностей Тувы, вес иногда приближается к полутора центнерам, а вот ездовые олешки Чукотки редко-редко даже центнера достигают.

Так что некоторые из северных народов, например эвенки — легкие и маленькие, как подростки, — ухитрялись ездить на мощном олене-самце верхом, пусть и не галопом, но при-



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

личной рысцой. Даже стрелять с седла ухитрялись! А эвенкийский подросток мог и галопом оленя погнать, преодолевая за час сорок километров лесотундры. Но вот «старшего белого брата» с минимальным взрослым весом около 80 кг (считая винтовку-мосинку и патронный подсумок) можно сажать лишь на самого матерого оленя, да и то прошедшего непосредственно перед этим специальную тренировку. И даже такой олень под среднестатистическим красноармейцем едва шагом семенит. При этом если «заводной», сменный конь для всадника вещь всего лишь очень желательная, то сменный олень (а предпочтительно и два) при таких поездках попросту необходим, и пересаживаться на него нужно часов через пять, максимум шесть непрерывной езды. Разумеется, если речь идет не о разовой показательной выезде, а о полноценном таежно-тундровом маршруте. Иначе, без перемены, верховой олешек за полторы-две недели износится буквально до самых копыт.

Собственно, можно бы обойтись и нартовыми перевозками, благо по тундре они возможны в любое время года. Но вот уже по лесотундре — только в снежные месяцы. А по тайге, случается, и зимой резоннее вести оленей под выюком, чем запряженными в грузовые нарты.

Зимой олений караван проходит по таким местностям, куда с вьючными лошадьми просто соваться нечего. Летом иногда можно и сунуться, однако даже в самой «лошадепроходимой» тайге конно-вьючный караван движется со скоростью медленно идущего человека, тогда как олений — со скоростью быстро идущего. Разница очень даже существенная! Достаточно, чтобы учитывать ее при военно-стратегических замыслах, включающих таежное направление. Да и не только таежное: крутой горный склон без намека на тропу, каменистая осыпь и морена, болота и болотистые леса... Олень там лучше лошади и зимой, и летом — особенно если лето все-таки холодное.

Только вот какое дело: если лошадь идет по тяжелому маршруту под выюком весом 100, в исключительных случаях



И до советской власти, и после — на севере распространены все тот же тип оленьей езды, словно и не было усовершенствований конца 1930-х годов!



даже 120 кг, а по сверхтяжелому (горы, те же болота) тащит 75—100 кг, то на оленя лишь иногда можно нагрузить примерно полцентнеровый выюк. В болотах же более чем о 20—30 кг «полезной ноши» думать нечего. Уступает выючный олень лошади и при форсировании речных бродов: просто потому, что очень намного ниже ростом. Да и стандартные ящики на оленей крепить нельзя (тогда как во выючную сбрую лошади, верблюда и яка они «вписываются»): приходится перегружать несомый запас в специальные сумы, особой формы и малого объема.

Короче говоря, при операции армейского масштаба встанут те же проблемы, которые смущали Городовикова, когда он обдумывал использование яков («Химия и жизнь», 2012, № 6). Спору нет, в ходе реальных боевых операций 1941, 1942, даже 1944 года легкость и «малоформатность» как раз оказались весьма ценными качествами, по большому счету способными уравновесить недостатки. Однако это ведь был не универсальный фронтной подвиг, а поистине тундровый. Так что если где-то в замыслах военных существовали планы с таежным колоритом, то и вправду возникал резон помечтать о более рослой, «улучшенной» версии северного оленя. Но — не вышло.

Всадник без...

Что ж, раз не вышло улучшить оленя, можно постараться проделать это со сбруей. Действительно, практикующиеся на нашем Севере традиционные типы нартовой запряжки довольно примитивны, они не позволяют полностью задействовать оленю тягловую силу. Седла, в том числе и выючные, тоже имели резерв усовершенствования. И система верховой езды. И, отдельно от нее, искусство посадки на оленя — дело это сложное, а при неумении даже опасное (не для всадника!). Удивляться не будем: да, многовековой опыт — это очень хорошо, но ведь конская сбруя совершенствовалась тысячелетиями, причем с учетом широчайшего обмена опытом между самыми разными цивилизациями. А вот с последним на тундровых и таежных просторах было туго.

Незадолго перед войной была разработана «фабричная» система запряжки, более близкая к карельской, чем к чукотской, а вдобавок творчески учитывающая кое-что из лошадиных достижений — и позволяющая использовать силу ездовых оленей гораздо рациональнее, увеличив КПД этак вдвое. Усовершенствовали и седло, на сей раз с учетом тувинской традиции (но и тут лошадиные достижения не были забыты). Техника «взлета», правда, по-прежнему требовала таеж-



Оленьные носилки: кажется, это продукт не традиционных, а «новых» технологий

ных навыков, прямо противоположных кавалерийским: хотя ехать теперь «разрешалось» со стременами, при посадке их использовать было нельзя, на оленя требовалось вспрыгивать, используя в качестве дополнительной опоры специальный посох. При попытке обойти правила или олень валился с копыт, или седло, даже усовершенствованное, съезжало ему под брюхо.

Кстати, при пересечении бродов всадник использовал «стартовый» посох как пятую точку опоры. Конечно, лишь в тех исключительных случаях, когда брод форсировали верхом, а не спешиваясь. «Природные» оленьи всадники из числа таежных народов с такими ситуациями вообще практически не сталкивались: в тайге настолько никогда не спешат — только медленнее получится! Но армейская специфика вынуждена учитывать вероятность форс-мажора.



Одна из фотографий экспедиции Федосеева: верхом караван ведет все-таки лично Улукиткан, со своим «таежным» телосложением. Сам Федосеев росл и широкоплеч, так что ему предпочтительней идти рядом с оленями пешком

Все это можно счесть и заботой о мирных советских оленеводах, геологах, географах и т. п. — тем более что разработками занималось не военное ведомство, а организация с труднопроизносимым названием НИИПЗЖиПХ (Научно-исследовательский институт полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства). Но даты этих упряжно-выючно-седельных разработок приходятся уж больно ко времени: 1939 и 1941 годы. Примерно тогда же были разработаны и неизвестные прежде «оленьи носилки»: нечто вроде грузового портшеза с опорой на двух оленей и подвеской груза между ними. Вот на таких-то носилках удавалось перевозить и «форматные» ящики весом этак в центнер.

(Г.А. Федосеев — известный советский писатель, а вдобавок «практикующий» таежник, инженер-геодезист и картограф, более четверти века проведенный в таежных экспедициях, — в поздней версии своих беллетризованных воспоминаний описывал эти носилки как эвенкийское народное изобретение, о котором он впервые узнал лишь в 50-х годах от своего проводника, знаменитого Улукиткана. Улукиткан — не литературный персонаж, он с дореволюционных лет хорошо известен как «гражданским», так и, в первую очередь, военным топографам и геодезистам. Но вне зависимости от того, учил ли он «белых братьев» изготавливать такие носилки, освоены они были намного раньше 50-х. Мы видим их уже на фотографиях первых послевоенных экспедиций того же Федосеева, датируемых 1945—1948 годами, причем экспедиционщики пользуются ими привычно и сноровисто, отнюдь не как только что освоенной новинкой.)



Когда речь идет о дальней и быстрой езде, даже коренные таяжские народы сажают на оленя подростка или девушку



Финские мобильные отряды: весь груз на нартах, поэтому лыжники могут не отягощаться ничем, кроме винтовок. Оленья упряжь совершеннее, чем в Сибири, но вот сами олени куда мельче: верхом на них при всем желании не сядешь



Олени и союзники (британские летчики на аэродроме под Мурманском)



Продолжение авиационной темы: нарты осуществляют как снабжение полевых аэродромов, так и эвакуацию самолетов и их экипажей после вынужденной посадки в тундре. Никаким иным способом, кроме оленьей упряжки, до них не добраться



Погрузка авиационного мотора. В данном случае он невелик, так что грузовая упряжка обычного состава потянет его даже по чернотропу. Самые тяжелые из моторов перевозили на особо укрепленных грузовых нартах, а поврежденные самолеты — на специальном нартовом помосте, в который впрягали не менее 20 сильных оленей

Были ли эти драгоценные наработки задействованы в Финской или Великой Отечественной войне?

Насчет Финской не знаем: кажется, нет таких упоминаний. То есть их нет не насчет использования оленей вообще, а именно сбруи нового типа. И фотографий тоже не удалось найти, во всяком случае наших советских оленьих подразделений: с «финской стороны» такие фотографии есть. Возможно, с нашей стороны этим отрядам выпала слишком суровая участь: в начале во-

йны их «четвероногий» состав превышал 7 тысяч животных, из которых ко времени завершения боев уцелело... менее десятка. Впрочем, на тот момент были усовершенствованы только седла — а от них толку как раз меньше всего: под «белым» красноармейцем неулучшенный олень, пойдет, может, чуть менее шатаясь, но все равно лишь шагом.

Зато оленьные нарты во время Великой Отечественной использовались. С улучшенной ли упряжью? И снова это как-то не очень понятно — война смешала все карты. В большинстве случаев явно применялась одна из традиционных систем северной запряжки.

Вот некоторые данные, позволяющие судить о возможностях и масштабах применения этого рода войск.

Общее количество оленей, задействованных на Карельском фронте в 1941—1944 годах, в разных источниках варьируется: только в Архангельской области намечалось мобилизовать 1400 оленеводов и до 10 тысяч оленей (причем на каждые 200—400 голов полагалась одна оленегонная лайка), но, похоже, эти планы оказались слегка недовыполнены. Примерно половина была сосредоточена в 14-й армии, где за все время боевых действий олени упряжки доставили на передовую 8 тысяч военнослужащих, свыше 17 тысяч тонн боеприпасов и продовольствия, а обратно вывезли 10 142 раненых и 162 подбитых самолета.

При крупных «оленьих» формированиях, как правило, был специалист, умеющий оценить так называемую оленевместимость окрестных пастбищ, тип и пищевую ценность ягеля и т. п. Иначе возникали проблемы: сеном или даже овсом оленей подкармливать невозможно, приходилось давать им крупу из солдатского рациона.

В грузовую нарту запрягали обычно по три сильных оленя, самцов в возрасте пяти — семи лет. Грузоподъемность стандартной нарты при оптимальном состоянии снежного покрова составляла около 300 кг, по рыхлому снегу она уменьшалась примерно в полтора раза, после схода снега — втрое, всего до центнера. В боевом исчислении «нартовый максимум» вмещал 5 тысяч



Похоже, усовершенствование оленьего седла и всей системы верховой езды действительно имело смысл только для армии: прошли десятилетия — но как «пришлые» геологи, так и коренные обитатели тайги и лесотундры не думают осваивать стремена...

Фронтовые будни 14-й армии.

Пока что в маскхалатах только бойцы, но в следующем сезоне придется «одевать» и оленей

винтовочных патронов, вдвое больше — патронов для пистолета-пулемета, четыре ящика 45-мм снарядов, 30 мин калибра 82 мм, 150 ручных гранат.

Оленьи обозы порой достигали огромных величин, составляя «поезд» из сотни, а то и нескольких сот упряжек. Обычно грузовой поезд двигался со скоростью пешехода, за день в среднем преодолевая не более 40 км. Мог он развивать и вдвое большую скорость, но это уже был «оленеразрушающий» темп.

Кроме тяжелых нарт использовались и легкие, скоростные: для передачи вестей или переброски разведывательно-диверсионных групп. В них обычно запрягали четыре-пять оленей. Проходимость их была очень высока, быстрота передвижения — тоже: по хорошему снегу и с одним ездоком — свыше 60 км/ч, причем такой темп беговые олени могли выдержать свыше получаса.



Редчайший, крайне нетипичный для таежно-тундровых условий случай «стременной» посадки в оленьем седле. Годы — предвоенные; стремена культивируются как новинка, прогрессивная по форме и социалистическая по содержанию

При заброске так называемых олено-лыжных мобильных групп в тыл противника иногда использовались даже не легкие упряжки на пять оленей, а очень компактные нарты (весом менее 10 кг!), в которые тонкими ремнями постромками впрягались один олень или пара гуськом. Сидящий на таких санях боец в маскхалате был не виден с воздуха, а бегущие друг за другом олени не воспринимались как упряжка. Вплоть до 1943 года люфтваффе не распознавали этот трюк и не охотились за такими группами; потом смекнули, что к чему, — и пришлось шить особые маскхалаты для оленей тоже.

Считается, что на Карельском фронте олено-лыжные группы всего добыли 47 «языков» и уничтожили свыше 4 тысяч гитлеровцев. По некоторым сведениям, в ряде случаев нарты даже выступали как «пулеметные тачанки», ведя огонь с ходу. Также описывается и героический подвиг некоего лихого разведчика, который, стремительно промчавшись на оленьей упряжке мимо караульного дозора фашистов, якобы сумел набросить на одного из них аркан и притащил пленного в штаб своей части. Честно говоря, это слегка напоминает деяния Козьмы Крючкова. Все же главная функция упряжки — доставка оружия и бойца на место, а не участие непосредственно в сражении.

Впрочем, в ходе Кандалакшской операции (сентябрь-октябрь 1944 года) одна из минометных бригад была целиком «пересажена» на оленью тягу. Но это все же не предполагает стрельбы из минометов прямо с несущихся нарт...

Вот, собственно, и все. Остальные потенциальные направления, где военные грузы было бы удобней доставлять на вьючных, а не упряжных оленях, частью даже перешли из категории потенциальных в реальные: действия на Харбинском плацдарме, проблемы



В Нарьян-Маре недавно открыт памятник бойцам частей ОТ — олень-транспортных батальонов

вокруг КВЖД, разные этапы «борьбы за Корею». Но так уж сложилась наша безальтернативная реальность, что транспортные потоки там не пришлось дробить на мелкие «ручейки», не пришлось пускать их вразброс через сопки, тайгу и болота.

Не пришлось воевать в тайге и на собственной территории — а ведь такая вероятность существовала: вот тут-то ездовые и вьючные олени (даже не «улучшенные») оказали бы большую помощь партизанским отрядам...



Почему синеет чеснок?



Я очень люблю экспериментировать на кухне. Уже не первый раз наблюдаю: если чеснок нарезать пластинками и залить горячей водой, то на следующий день они окрашиваются в красивый ультрамариновый цвет. Самое интересное — не все пластинки! А ведь из одной головки. Почему же одни окрасились, а другие — нет? Не опасен ли этот продукт?

М. Янчарук, Москва

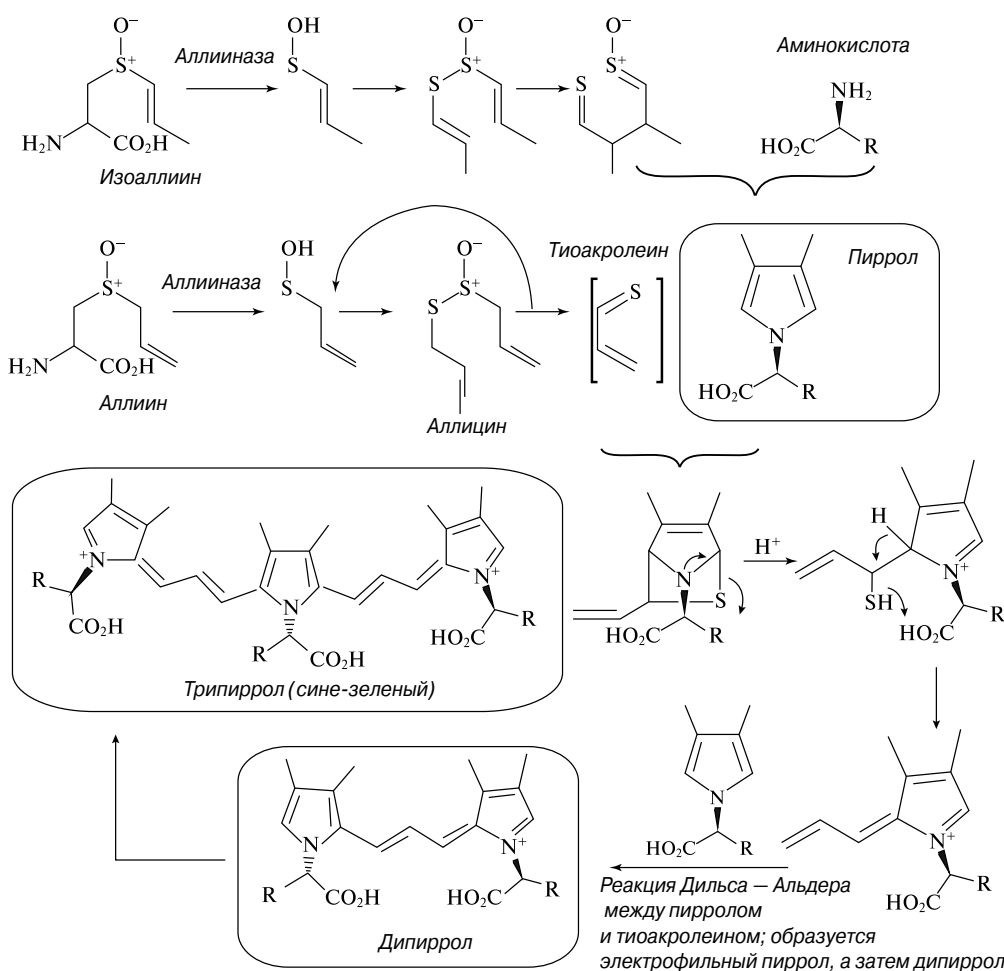
Споры о том, почему чеснок и лук иногда синеют во время приготовления, ученые ведут уже более полувека, а правильный ответ был найден совсем недавно. Ранее были в ходу самые фантастические версии: например, что в таком чесноке образуются сине-пурпурные пигменты антоцианы или что в нем содержатся соли меди либо кадмия. К счастью, на самом деле соли меди тут ни при чем. Об этом можно прочитать в книге Эрика Блока, химика из университета Олбани, среди научных интересов которого — механизмы

обоняния, химия лука, чеснока и прочих их родственников (Eric Block, «Garlic and Other Alliums: The Lore and the Science», published by the Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2010; <http://www.albany.edu/chemistry/eblock.shtml>).

Синюю, зеленоватую или пурпурную окраску чесноку придают продукты ферментативной реакции между серосодержащими компонентами (теми самыми, которые отвечают и за его запах, в первую очередь это аллиин, изоаллиин; как получается главный источник запаха, аллицин, см. на рисунке) и обычными аминокислотами. Протекает эта реакция чаще всего при нарушении целостности тканей, иными словами, при нарезании чеснока, когда высвобождается фермент аллииназа. Продукты ее — пирролы, пятичленные азотистые гетероциклы, которые, в свою очередь, образуют мультипирролы. Два пиррольных кольца придают чесноку красную окраску, три — голубоватую, четыре — зеленоватую. Аналогичные реакции могут протекать и в луке. Такой чеснок, хоть и страшненький на вид, вполне съедобен. Но запах чеснока, как уверяет автор книги, может ослабеть, поскольку ароматическое вещество превратится в красящее.

Почему разные пластинки синеют по-разному — это загадка. Понятно, что все зависит от количества компонентов, а как они варьируют в одном зубчике, трудно сказать. Есть предположение, что протеканию подготовительных стадий реакции способствует длительное хранение при низкой температуре (например, в холодильнике). С другой стороны, изоаллиина больше всего в молодом, свежесобранном чесноке. Еще Эрик Блок пишет, что изменение цвета можно предотвратить, добавив к маринаду 1% аминокислоты цистеина, — но это совет скорее для промышленного производства, чем для кухни.

Е. Котина





Пятиполосик Тяп

В декабре далекого уже 1978 года в районе Моряковского затона (это возле Томска) произошла трагедия, какие нередко случаются в тайге: медведь-шатуи учуял запасы бурундука, разрыл его кладовую, все съел, а сам хозяин, видно, чудом остался цел. Он сидел на пне и покорно готовился к смерти от голода и холода. На его счастье, мимо проходили питерские зоологи, мои друзья. Полусонного зверька они посадили в металлическую банку из-под печенья (с дырками), высланную изнутри шерстяной тканью. И так, подкармливая бурундука кусочками хлеба, печенья, сухим «Геркулесом», ребята привезли его в Питер и подарили мне.

Вид его был ужасен: осунувшийся, грязный, с полузакрытыми глазками, он казался едва живым. Зверька надо было срочно определить «на квартиру» и снова погрузить в полусон.

В большую металлическую клетку с верхней откидной крышкой я поместил три коробки с боковым входом, а две из них — с открытым верхом. В первой коробке я оборудовал ему жилое помещение из тряпочек и кусочков ваты. Во второй — «кладовку», в которой кучками разложил его любимые корма: всевозможные семена (обязательно — по видам и сортам), кусочки сладких сухофруктов, хлебные крошки. Во время полуспячки бурундук периодически посещает свою кладовку. В третьей коробке у него был туалет: на дно я уложил два слоя чистой бумаги, которую периодически менял. Клетку поместил в подвал с плюсовой температурой (+5—6°C) на даче.

Честно говоря, я не надеялся, что мой квартирант выживет: уж больно у него был плачевный вид! Однако, приехав на дачу через три дня с очередной порцией корма, я заметил, что он частично съеден. А еще через три дня я нашел признаки посещения туалета: помет у

бурундука в виде желто-серых горошин размером примерно с гречишное зерно. Правда, самого бурундука я так и не увидел: поев и сделав нужные дела, он снова отправлялся спать.

Так продолжалось до конца марта. А в первых числах апреля 1979 года, приехав в очередной раз на дачу, я обнаружил, что мой квартирант бодрствует и с характерным циканьем бегаёт по клетке. Увидев меня, он тут же укрылся в своем домике: оттуда торчал только носик, ходивший ходуном. Надо было переселить его в летнее помещение!

Оно уже было приготовлено. Тогда, в 1970-х годах, в зоомагазинах свободно продавались клетки, специально предназначенные для бурундуков, с колесом типа беличьего, но относительно небольшим. Бурундуки все-таки родня, хотя и дальняя, нашим белкам, и в их поведении довольно много общего, в чем я тут же и убедился.

Приехав на следующий день с переносной клеткой, чтобы перевезти зверька в город, я попытался его туда пересадить. Как и белки, бурундуки очень не любят, когда их не то что берут в руки, а просто прикасаются к ним. Одни из них, более робкие и дикие, обмирают (так проявляется стресс), а другие, более задорные, тут же пускают в ход свои острые зубки. Мой бурундук был как раз из таких — как я ни осторожноничал, хватил меня за палец, точно прищипнул маникюрными щипчиками. Не очень больно, конечно, но и не слишком приятно. Вот и кличка — Тяп, Тяпа.

Все же я пересадил Тяпа в переноску, отвез домой и вытряхнул в его летнюю квартиру. А в ней уже был домик — магазинный синичник, рядом — другой фанерный домик тех же размеров со съемной крышкой; здесь у него будет кладовка, которую я буду периодически опорожнять. В качестве туалета — но-

венькая пластмассовая мыльница, в которой крышка (с дырочками) плашмя входила в основание. В нее я наливал чистую воду, а саму мыльницу надежно прикрепил проволокой к стенке клетки. Еще я поставил туда массивную фаянсовую чашку-поилку, а рядом — противень-кормушку. Разумеется, тут же были тряпочки, комочки ваты, пригоршня сена.

Тяп немедленно пошел изучать новое жилище, уморительно вращая своим носиком. Влез в колесо, обследовал и его и завертелся в нем так, будто все свою короткую жизнь (а ему явно был год, не больше) только этим и занимался. Эта штука явно пришлась ему по душе и по вкусу, и он постоянно разминался в ней.

Познакомившись с квартирой, Тяп тут же начал ее обживать. Первым делом он энергично принялся устраивать в своем синичнике гнездо из тряпочек, ваты и сена. А потом — за еду! В ход пошли семена подсолнечника, четвертушки ядра грецкого ореха, миндальные ядра, кусочки сухофруктов — кураги, персика, груши, яблок, инжира, изюма без косточек. Попил немного натурального абрикосового сока, затем воды.

Кстати, насчет еды. На «стол» Тяпу попадали всевозможные семена культурных и диких растений, орехи — грецкие (конечно, расколотые), миндаль, фундук, лещина, кедровые орешки, любые сладкие ягоды и фрукты — малина, клубника, слива, черная и белая смородина, виноград без косточек, яблоки, груши, кусочки дыни (обязательно спелой) и арбуза. Чернослив — только сладкий. Одобрял Тяпа десертную тыкву с оранжевой мякотью; кормовую, желтого цвета, принципиально отвергал. Кроме того, любил цветки иван-чая, лесной герани, красного клевера, одуванчика, причем всегда выедал части цветка с нектаром.

Тяпа очень любил молоко, обожал простоквашу, сметану, кефир, творог, но обязательно подслащенные сахарной пудрой, медом (это был самый любимый вариант), сиропом шиповника или варенья. Пил любые подслащенные фруктовые и ягодные соки и даже минеральную воду — боржоми, эссенуки, арзни, но тоже с сиропом.

В дикой природе бурундук покрывает дефицит белка за счет животных кормов. Так что приходилось доставать для него гаммаруса и личинок различных насекомых. Любопытная деталь: в червивом яблоке, груше, сливе Тяп прежде всего выедал гусеницу и лишь потом лакомился мякотью. Правда, после очередной спячки он не отказывался и от кусочка мяса — вареной баранины или курятины (только их!), но обязательно теплых. Постепенно я приучил его к креветкам, ошпаренным кипятком, — сначала он ими брезговал. И что любопытно, животные корма он в свою кладовку не относил.



А что касается растительных кормов — это было целое представление. Вот он получил кусочек кураги. Захватив его обеими лапками, как маленькими ручками, первым делом тщательно обнюхивал его со всех сторон. Потом несколько раз откусывал по кусочку и остаток бегом относил в кладовку. С семечками и кедровыми орешками было немного иначе. Тяп лихо лузгал их, пять-шесть штук съедал тут же, а остальное, также очистив, прятал.

Меня заинтересовал такой вопрос: есть ли предел заготовительной деятельности моего Тяпа? Когда квартирант обжился и его стало можно выпустить из клетки побегать по квартире (разумеется, закрыв все окна), я поставил такой эксперимент. Купив на рынке два килограмма свежих (нежареных) семечек, я насыпал этот курган перед клеткой и выпустил бурундука в комнату. Оказавшись перед целой горой любимого корма, Тяп сначала замер на несколько мгновений, а затем ринулся запасать семечки. Съев по своему обычаю несколько ядрышек, он начал деятельно осваивать нежданное богатство. Шелуха летела во все стороны, Тяп набивал ядрышками до отказа свои защечные мешки и стремглав летел в кладовку. Ясно, что она не могла вместить такое количество семечек! Но бурундука это нисколько не смутило. Он начал складировать корм сначала под диваном, потом под тумбочкой, кроватями, а на кухне — даже под венником!

Такая активная работа, конечно, требовала огромных энергозатрат. Тяп, утомившись, поспал в своем домике, затем подкрепился и снова принялся за работу. Одним словом, все два килограмма семечек были утилизированы. А мне потом пришлось полдня выметать шелуху и собирать семечки. Аналогичная история была и с килограммом кураги. Стало ясно: заготовительной деятельности бурундука предела нет!

Другой вопрос, ответ на который мне хотелось узнать: бурундук отзывается на свою кличку или реагирует на определенный тембр моего голоса? Я звал его на разные голоса, громко и тихо; называл не только Тяпом, но и Ляпом, Мяпом, Зяпом, Ряпом, а потом просто Гришей, Мишей, Сашей. Похоже было, что он реагирует не на кличку, а на мой голос в определенной тональности. Замечу, что после этого он всегда получал подачку, и, скорее всего, в его «представлении» мой голос был просто связан с кормом.

Еще вопрос: как бурундук реагирует на музыку? Надо прямо сказать — никак. Реагирует только на силу звука: если очень громко, настораживается, замирает, а потом, видя, что опасности нет, перестает обращать внимание. Но...

Однажды весной, когда Тяп после слячки грелся на подоконнике в солнечных лучах, я тихонько стал наигрывать на детской дудочке мелодию «Сулико». Бурундук

как-то особенно восторженно, сел «на корточки» и уставился на меня своими красивыми восточными глазками. Время от времени у него трепетало горлышко, но он не издал ни единого звука. Позднее, уже летом, я наблюдал у него ту же реакцию. По-видимому, столь эмоциональный отклик вызывал тембр звучания.

Как и положено бурундуку, в начале апреля, сразу же после пробуждения, мой Тяп напрягался, скакал как сумасшедший по клетке, и хвостик его походил на ершик для мытья пробирок. Великий инстинкт продолжения рода! Но представительниц противоположного пола нигде не было, и через некоторое время бурундук успокаивался.

Известно, что бурундуки реагируют на приближение непогоды. Не был исключением и Тяп. Задолго до того, как становилось пасмурно, он начинал беспокоиться, издавать характерные булькающие звуки, а когда начинался дождь, прятался в свой домик. У меня был барометр-гигрометр. За некоторое время перед грозой падало атмосферное давление, а чуть позже изменялась и относительная влажность воздуха. Зверек каким-то образом чувствовал это!

А вот еще интересная особенность моего Тяпа. В дикой природе у бурундуков множество врагов: от ласки, горностая до ворон и других хищных птиц. Потому-то эти зверьки такие нервные и очень не любят, когда к ним прикасаются. Сам он лихо сновал по квартире (при закрытых окнах, повторяю еще раз); когда привык к моему присутствию, ловко бегал по мне вверх и вниз. Но если я пытался взять его в руку, зубки мгновенно шли в ход. Единственное, что мне дозволялось, это, когда он сидел на моем плече, очень осторожно, не делая резких движений, тихонько почесать ему переносицу. Тогда он слегка прикрывал свои глазки и вздыхал.

Летом, когда Тяп жил в городской квартире или на даче, клетку выставляли на свежий воздух, и зверек грелся на солнышке. Но стоило пролететь какой-нибудь крупной птице или где-то залаять собаке, мяукнуть кошке, Тяп моментально, буквально в доли секунды, укрывался в домике. Реакция на опасность, записанная в геноме!

Начиная со второй половины августа Тяп, как и положено бурундуку, полностью перешел на растительный корм, заметно полнел и с удвоенной энергией запаса корм. Ежедневно приходилось извлекать из его кладовки по 10—20 граммов всякой всячины. Я аккуратно раскладывал его «запасы» по сортам и видам в разные пакеты. Когда я их взвесил, оказалось, что общая масса заготовок составляет около восьми килограммов!

Было ясно: скоро он уйдет в зимний полусон и надо его переселять на зимнюю квартиру: в подвал на дачу, до апре-

ля следующего года. А потом — снова в летний домик.

Известно, что бурундуки любят устраивать дополнительные, запасные убежища. Я знал об этой особенности и следил, что называется, в оба. Поэтому вреда от него было очень и очень немного.

Так Тяп прожил у меня пять лет. Для бурундука это рекорд: в природе они живут два года, самое большее — три, а потом попадают на обед кому-то из своих врагов. Почему он оказался долгожителем? По-видимому, здесь несколько причин. Во-первых, я не сбил его природный жизненный ритм, не нарушил ход его «биологических часов», когда ему надо было уходить на зимовку, я это ему обеспечивал. Если бы он бодрствовал с осени до ранней весны, то, несомненно, прожил бы гораздо меньше! Во-вторых, он получал достаточно полноценный и близкий к природному корм.

Старел Тяп медленно, но верно. На четвертом году начал седесть и к концу стал почти совсем белым, так что его пять полосок едва выделялись. Изменилось и его поведение: он медленнее двигался, меньше уделял внимания уходу за собой. В последний год у него стали слезиться глазки; он сильно растолстел и с трудом передвигался. В один из майских дней 1983 года он не вышел из своего домика в летней клетке. Умер!

Я отнес его тельце в зоопарк, к ветеринарам. Вскрытие показало, что все его внутренние органы были предельно изношены...

Я не ставил перед собой цели размножить бурундуков, проследить развитие бурундучат. Поэтому и не искал возможности раздобыть «противоположный пол». Это значительно усложнило бы мою жизнь: бурундуки в дикой природе — сугубо одиночные зверьки и сходятся на очень короткое время только для продолжения рода, а затем тут же расстаются до следующего года. Так что мне пришлось бы заводить две клетки, да и все хозяйство в двойном размере.

Вообще говоря, я бы не советовал держать дома бурундука: очень и очень хлопотно это, если делать все обстоятельно.

Н.А.Парвян

Цитрусы

Что за растения цитрусовые? Цитрусовые относятся к семейству рутовых, подсемейству померанцевых, роду цитрус. Их разводят ради душистых, богатых витаминами плодов, причем так давно, что диких видов в природе почти не осталось, только культурные. Родина цитрусов — Юго-Восточная Азия, откуда они распространились по всем тропическим и субтропическим районам земного шара. Самую большую площадь цитрусовые сейчас занимают в Северной и Центральной Америке. Род включает около двадцати видов, которые легко скрещиваются между собой, так что количество гибридов с трудом поддается учету. Время от времени мы видим в магазине плоды с неизвестными наименованиями, но по виду сразу ясно: цитрус. Цитрусы ни с чем не перепутаешь.

Что такое гесперидий? Плод растений семейства цитрусовых называется «гесперидий». Название он получил по имени гесперид, в чьем саду росли золотые яблоки. По мнению специалистов, это были апельсины. Гесперидий — особая разновидность ягодообразного плода. Его мякоть, разделенная на дольки, состоит из заполненных соком веретенец, которые называются соковыми мешочками и образуются из внутренней стенки завязи. Сначала они выглядят как маленькие сосочки, затем превращаются в многоклеточные волоски, потом внутренние клетки волоска разрушаются, и остается мешочек, заполненный раствором кислот, сахаров и витаминов.

Вторая характерная особенность гесперидия — его кожура. Она состоит из двух слоев: яркого наружного, называемого флаведо, от латинского *flavus* — желтый, и белого альбеда (*albus* — белый). Наружный слой содержит множество железок, выделяющих эфирное масло, и покрыт тонким слоем природного воска, благодаря чему плоды долго хранятся. Внутренний слой служит для развивающегося гесперидия источником влаги, но по мере его созревания высыхает. Чем более сухим и рыхлым становится белый слой, тем легче отделяется кожура от мякоти.

Почему внутри большого апельсина бывает маленький? Это еще одно уникальное свойство гесперидиев. У них иногда образуется «двухэтажная» завязь, и в результате развиваются два близнецовых плода. Вторым, маленьким, виден через небольшое отверстие (пупок) в кожуре большого плода. Существуют даже сорта пупочных апельсинов.

Какие бывают цитрусы? Самый крупный представитель рода — цитрон (*Citrus medica*). Его длина достигает 40 см, а диаметр — 28 см. Кожура у цитрона толстая, а сам он кислый, так что в свежем виде его не едят. Однако именно он первым из цитрусовых попал в Европу, видимо, как раз из-за ароматной кожуры. Второе место занимает пампельмус, он же шеддок и помело с ударением на втором слоге (*C. grandis*). Кожура у него толстая, от зеленоватой до ярко-желтой, мякоть кисло-сладкая, иногда горчит немного, но не так сильно, как у грейпфрута (*C. paradisi*). Некоторые специалисты не исключают, что грейпфрут представляет собой мутацию пампельмуса или его гибрид с апельсином.

Сладкий, китайский, или настоящий апельсин *C. sinensis*, пожалуй, самый распространенный цитрус. От французского названия апельсина «orange» образовано прилагательное «оранжевый», однако апельсины бывают и красные. Их еще называют «корольки». Королек немного меньше обычного апельсина, его сок содержит красный пигмент антоцианин, антиоксидант, между прочим, который для цитрусовых не характерен. Чистить красный апельсин труднее, чем оранжевый. Есть еще кислый, или горький апельсин, он же померанец и бигардия (*C. aurantium*). Действительно кисло-горький, однако на мармелад годится. Разновидность померанца или его гибрид с цитроном — толстокожий бергамот *C. bergamia*. Его разводят в основном как эфиромасличную культуру, масло бергамота считается лучшим из всех цитрусовых масел.

Огромное количество культурных вариантов у мандарина *C. reticulata*, самый известный из них — клементин. Он легко чистится и различается на дольки и практически лишен косточек. Некоторые варианты мандарина даже выделяют в отдельные виды. Таковы, например, танжерин *C. tangerina* — сладкий, с тонкой кожурой, и сатсума *C. unshiu*. У сатсумы тоже очень тонкая кожа с крупными железками, выделяющими эфирное масло, и нежная мякоть, которая требует осторожного обращения.

Лимон *C. limon* знаменит своей кислотой и высоким содержанием витамина С. Мореплаватели брали с собой лимоны в дальние плавания как средство от цинги.



Менее известен сладкий лимон, или сладкий лайм *C. limetta*. Его плоды действительно сладковатые и сочные. Настоящий лайм *C. aurantiifolia* очень кислый, плоды мелкие, мякоть зеленоватая. Еще одна кислятина — юнос, или юдзу *C. junos*. Это сложный гибрид между несколькими видами цитрусов. В Японии его используют как лимон

А что такое кумкват? Кумкват тоже относится к подсемейству цитрусовых, но к другому роду — *Fortunella*. Видом кумкват напоминает маленький апельсин, вкусом — кисловатый мандарин. Его можно есть с кожурой, она тонкая и сладкая. Впрочем, с настоящими цитрусами он скрещивается, существует гибрид кумквата и лайма — лаймкват. Мякоть у него сладкая с горчинкой.

Чем полезны цитрусы? Мякоть цитрусов составляет до 70% массы плода. Она содержит 1—6% кислот, главным образом лимонной, 2—8% сахаров, витамины С, Р, В₁ и В₂, каротин. От соотношения этих веществ и присутствия некоторых добавок зависят вкус и цвет плода. В мандарине, например, очень мало кислот, не более 1%, а мякоть грейпфрута содержит горький гликозид нарингин. Горечь исходит от пленок, в которые заключены дольки плода, поэтому от них стараются освободиться. Кроме того, в плодах цитруса присутствуют пищевые волокна, кальций, калий, натрий, магний, железо и фосфор.

Цитрусы для нас в первую очередь вкусные источники витаминов и микроэлементов. Витамин РР и калий благоприятно воздействуют на работу сердечно-сосудистой системы в целом и укрепляющих стенки сосудов. Каротин полезен для глаз, соли кальция и фосфора — для костей, ногтей, волос и зубов, витамин В — для центральной и периферической нервной системы.

Грейпфрутовый гликозид нарингин и его производное нарингенин обладают антисклеротическим действием и способствуют нормализации веса. Грейпфрутовый сок полезен гипертоникам, больным с метаболическим синдромом и повышенным уровнем сахара в крови. Еще более эффективен нобилетин, флавоноид, выделенный из кожуры танжерина. И вообще, кожура всех цитрусов содержит большое количество флавоноидов, в той или иной степени обладающих антиоксидантным, антигрибковым и антисклеротическим действием, а также влияющих на активность многих обменных процессов. Флавоноид гесперидин, например, укрепляет стенки сосудов,

Только не думайте, что, если съесть несколько килограммов грейпфрута вместе с белыми пленочками, все болезни пройдут. Любой продукт проявляет свои полезные качества, если потреблять его регулярно. Грейпфрут, например, нужно съедать по половинке в день, и еще чайную ложку альбеда.

Всем ли полезны цитрусовые? Белки и полисахариды цитрусовых — сильные аллергены, детям нужно давать их с осторожностью. Не стоит объедаться цитрусовыми людям с повышенной кислотностью, язвой желудка и расстройством кишечника, а больные сахарным диабетом должны помнить о высоком содержании сахара в мандаринах и апельсинах.

С какими продуктами сочетаются цитрусы? Сладкие цитрусы: апельсины, мандарины, помело и даже грейпфруты, прекрасны сами по себе. Их едят в свежем виде, добавляют во фруктовые салаты и кондитерские изделия. Из цитрусов делают напитки (соки и лимонады), варенье, мармелад и пастилу. Из кожуры варят варенье — это ведь самая душистая часть плода — и готовят цукаты, делают из нее настойки, а также получают эфирное масло, которое используют для ароматизации напитков и кондитерских изделий. Горьковатые и кислые цитрусы напрямую отправляются в кондитерский цех. Как и всякий фрукт, содержащий кислоту, цитрусы хорошо сочетаются с мясом и рыбой. Ими украшают мясные блюда, паштеты и пироги, из них готовят соусы. Рыбу и морепродукты советуют запивать цитрусовым соком с имбирем. А вот популярный итальянский салат: красные апельсины и корень фенхеля режут кусочками и добавляют оливковое масло.

О цедре. Цедра — это пряность, высушенный пигментированный слой кожуры цитрусовых. Чтобы приготовить цедру, необходимо прежде всего тщательно вымыть плод, чтобы очистить кожуру от воска и разных веществ, которыми ее могли обработать. Затем надо аккуратно срезать верхний слой острым ножом, стараясь не захватить нижний белый. Затем кожуру сушат два-три дня, положив на бумагу, при комнатной температуре, регулярно переворачивая. Когда цедра станет хрупкой, она готова. Хранить ее можно кусочками, но в блюда ее добавляют только в молотом виде.

Цедру апельсина, померанца и мандарина используют для приготовления сладких блюд, например киселей, компотов, муссов, пудингов и мороженого, добавляют в выпечку. Померанцевая цедра к тому же придает аромат мясным подливкам, хорошо сочетается с птицей и рыбой. Спектр применения грейпфрутовой и лимонной цедры еще шире. Ее добавляют в салаты из овощей, рыбы и мяса, а также во все холодные соусы к ним. Лимонная цедра прекрасно сочетается со свеклой, улучшает вкус холодных свекольников и горячих борщей. Кипятить ее не надо, цедру добавляют в только что сварившийся суп и дают настояться три-четыре минуты. Лимонная цедра не содержит кислоты, которая остается в мякоти, и сообщает блюду только аромат лимона. На грейпфрутовой и лимонной цедре хорошо настаивать водку.

Цедра — мягкая пряность, поэтому ее добавляют в больших количествах. Кусок мяса, например, густо посыпают порошком.



ЧТО МЫ ЕДИМ



Художник Е. Станикова



Н. Ручкина

Вкалывают роботы, счастлив человек

Наталья Егорова,
Сергей Байтеряков

Сколь благосклонна жизнь! Лучшее место оставалось незанятым, меня дождалось. И вот уже полированные бока банкомата отражают зелень пальм и шелк струящейся воды. За сбереженный кусочек лета все грехи готов простить этому бизнес-центру. Стоит мой «The Honest Man's Bank», сияет! Названием горжусь особо. С такой фантазией хоть завтра в криэйторы; но это — рабская работа в офисе, впору андроидам разве что. Придется брать деньгами.

Вот и пчелки полетели...

Первой — лисичка-сестричка из сказки: дамочка в рыжей шубке. С почином! Следом офисный крысенок, из тех, кто руководит с десятком нелюдей и горд этим безмерно. Он-то настоящий человек, с высоким индексом социальной активности! Тьфу! Впрочем... несите свой мед, пчелки. Я вас всех люблю. Вы не оцените моего вдохновения в полной мере, но смотрите — как уместно стоит банкомат!

Холл бизнес-центра: отблески на черном мраморе; зелень растений и белоснежные улыбки девушек за стойками. Солидная, комфорта-

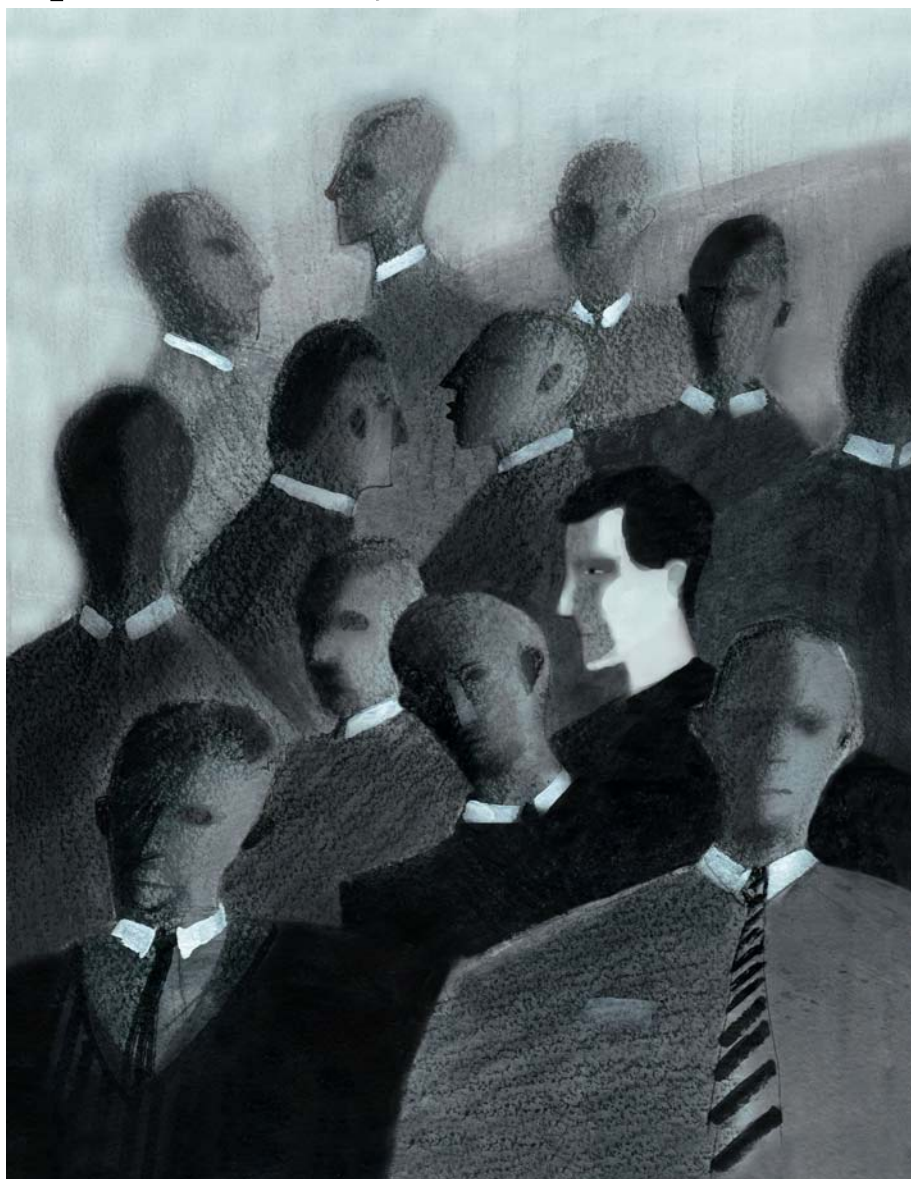
бельная, прекрасно спланированная тюрьма. Надо быть андроидом, дабы каждый божий день к девяти утра... Чур меня, чур! Только человек творческий может быть свободным и... Джеф, ты куда?

Дальнейшее происходило стремительно и фатально, как укус гремучей змеи. Невозможно работать с такими людьми! Хоть тысячу раз повторяй: «Никогда не подходи к банкомату, пока стоит очередь!» — без толку. Парень сунулся поменять кассету с деньгами. Конечно, нашелся скандальный клиент. Позвонил с жалобой на обслуживание и выяснил: нашего банка никогда не существовало.

А Джеф запаниковал, бросился бежать, косолапая... Перевернул искусственную пальму. Смотреть, как ловят моего «помощника» (точнее назвать гада «вредителем»), не хотелось совершенно.

Что же я такой невезучий!

Была гениальная идея: берем списанный банкомат, кое-что в нем меняем, перекрашиваем, закладываем деньги, ставим в лучшем месте бизнес-центра... Спросите — в чем профит? Вы, гражданин с высоким значением



Художник М. Михальская

индекса социальной активности, внимательно рассматриваете карточку, возвращенную машиной? Сразу кладете в портмоне? Я так и думал. Ведь она точь-в-точь, как ваша: картинка, циферки... сделана две минуты назад, прямо внутри этого железного ящика. И естественно, никаких денег на ней нет. А настоящая карта — осталась в банкомате, активирована; ждет, пока я сниму с нее деньги: код вы любезно ввели, отпечатком подтвердили.

И восхитительная афера лопается из-за идиота общника!

Пусть Джеф ничего не знает, к безопасникам в руки попал банкомат. Это же словно связанную девушку перед насильником положить! Я лично заряжал его купюрами, честно мной заработанными денежками. Они проследят, откуда купюры и... Всё, всё против меня! Впору башкой об стену.

Общество — Прокруст, без малейшей творческой жилки, но с остро наточенными ножницами. И зовутся эти ножницы: «Служба общественного здоровья». Мерзкая аббревиатура жужжит возле меня навозной мухой: СОЗ-З-З. Дайте мне другую галактику! Пожалуйста!..

День выдался морозным. В воздухе легкая дымка, снежок скрипит под ногами. Предметы стали четче, сквозь лживый гламур инея проступили истинные контуры вещей. Незачем мне с занудами из СОЗ встречаться в этот прекрасный день... Я идиот! Все мои наличные остались в банкомате. Теперь ни на монорельсе проехать, ни купить поесть: любая касса меня заложит. И тогда — пять лет в офисе, по восемь часов в день. А кругом дебилы и без проблеска творческой искры! Уважаемое мироздание, ну нельзя же, чтобы все шишки падали только лишь и точно на Георгия Цыбина, а? Давай ты будешь играть честнее?

Максимум три дня: придумать, как спастись на этот раз.

Мироздание лучше мух из службы, с ним всегда можно договориться. Пара звонков с коммов случайных девушек, и — вуаля! — я сижу, потягивая пиво, жду мага и волшебника.

— Привет, Гоша!

— Сколько раз я просил меня так не...

— Ладно, Цыба, ладно.

И присосался к пиву. Я смотрел на кадык Терминатора, ходящий туда-сюда как поршень, — и умилялся. Сидит и не знает, что он мне отец родной — и мамаша заодно. Вот добьет пиво, вставит чистую карточку в ридер, щелкнет пару раз клавишами (это я мечтаю, в прошлый раз процедура шесть часов заняла), и о-па! — прощай славный парень Григорий Цыбин; здравствуй новорожденный Вильгельм Кюхельбекер. К которому, между прочим, у безопасников никаких претензий!

— Ну? — Терминатор смотрел мрачно.

— Скажем так — за пиво платить придется тебе. А моя жизнь нынче невесела, и только ты можешь осветить ее светом новой надежды!

Терминатор помрачнел еще больше. Покрутил в пальцах неизбежную воблу, примерился и одним рывком оторвал ей голову. Силен, бродяга!

— Нет. С этими делами я завязал.

— Как это?

— За пиво я заплачу. А карточка... тебе ведь нужна новая? Без шансов. Во-первых, ту дырку заткнули.

— Ну ты же... ты же творец! Хакер!

— Я — моделлер! — Словно кулаком по столу. — Мне за неделю нужно два десятка монстров для последнего уровня запрограммировать. И еще... — Он снова присосался к кружке. — Где ты был все это время?

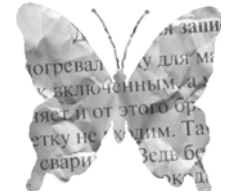
Я развел руками.

— Мне полтора года принудработ впаяли! — Терминатор облокотился о скрипнувший стол. — Молчи! Ты не можешь себе представить, что такое — отсиживать в офисе, день за днем! Мне шарики в кошмарах являются.

— Шарики?

— Ну игра такая, для офисных крыс. Разрешенная на рабочем месте. — Видеть смутившегося Терминатора было непривычно, словно застал грузового робота в слезах. — Ты не думай, я, как вышел, больше — ни-ни. — Он помолчал. — День за днем ты ходишь на проклятую работу, как андроид какой-нибудь. Цыба, представь этот ужас: одни и те же лица, дурак-начальник, бесконечные разговоры в курилке, корпоративная столовка! — Его натурально передернуло. — Как ты прокололся?

Я рассказал. Терминатор еще помолчал, заказал пива, дождался, пока официантка-андроид принесла его.



ФАНТАСТИКА

— Не, мне больше нравилось, когда здесь роботы разносили, — сказал бывший поделщик. — Железяка, она и есть железяка. А тут смотришь: попка, сиськи — а все сплошная видимость. Силикон. Говорят, андроидам разрешат в сфере интимных услуг работать.

— Что, признали нетворческой профессией? Куда катится это мир!

— Ага. Заказал ты девочку, а она... Тьфу! А чего не взял логотип настоящего банка?

— Получить пожизненное за нарушение авторских прав? — Пиво откровенно горчило.

— Ну да, ну да... Слушай. С карточкой тебе никто не поможет. Они теперь проверяют не только соответствие генкоду, но и историю. Если ты ей в школе не пользовался — всё, под подозрением! Лучше сам сдайся СОЗ — тебе зачтется.

Я смотрел в окошко, где парочка сизарей топталась по снегу — нахохленные, замерзшие, дрожащие... «Эх, птицы, мне бы ваши проблемы! Терминатора полтора года офисной жизни превратили в невротика, а меня и пожалеть теперь некому». Я встал из-за стола.

«Ох, Цыба, Цыба! Невезучая ты личность... Где взять новые документы? Такую карточку личности, чтобы любые проверки выдержала. И никто из живущих не может помочь мне... Как добыть удостоверение с историей?.. — Тут я запнулся. — А может, берем удостоверение покойника и делаем его своим? Это — идея! А Цыбин — увы, умер сегодня. Тонкая натура не вынесла краха надежд. Эврика! Так тому и быть!»

Я отправился выпрашивать комм на «один маленький звоночек».

— Привет, солнышко! Сияние очей твоих освещало мне путь во мраке...

Оля, Маша, еще одна Маша, Виолетта, Кристина... Недолговечны девичьи чувства. Разлюбила, ладно, но кричать-то зачем? Катя, Ангелина... Интересно, она по-прежнему красит волосы в синий?.. Яна, поняв, кто у комм, пообещала пожаловаться в службу, но это я сам виноват. Забыл, что пять лет назад она обиделась смертельно. Нельзя быть такой архаичной в любви, могла бы к нам присоединиться... Вычеркнул этот номер.

Я был голоден, зол и близок к тому, чтобы потерять веру в человечество в целом. Закат отражался в стеклах, рестораны зазывали на бизнес-ланчи и романтические ужины, а чертова карта жгла карман. О, несправедливый мир, где бездари отдыхают в электрическом сиянии, а истинные творцы мерзнут по подворотням! Через супермаркет я прошагал с целеустремленным видом: «Отвяжитесь, я пришел за конкретной вещью». И раздраженно вышел: «Идиотский ассортимент, ничего путного нет!» А

за углом вцепился зубами в украденный батон колбасы: «М-м-м, как вкусно!» Быть гонимым и преследуемым — неудобно, но очень романтично...

Снова: «Девушка, девушка! Ну о-очень надо. Верну буквально через секунду!» До конца списка оставалось несколько имен.

— Лизонька, привет, дорогая! Ты единственная...

Из трубки веяло антарктическим холодом, куда там морозцу на улице. Пора менять тактику.

— Родная, я попал в беду. Ты и не представляешь, насколько...

— Да, что ты говоришь? Неужто?

— Ты очень мне нужна. Сейчас у меня не осталось близких, кроме тебя...

— Без проблем, — сказала она, и я не поверил своим ушам. — Приезжай.

Как я добирался, лучше не вспоминать. Удрал от робота-таксиста (а чем расплачиваться-то?) и чудом избежав консьержа-андроида в подъезде, я звоню в ее дверь. Открыла быстро. Наверняка с нетерпением ждала меня — чудо мое.

— Здравствуй, Гоша.

Я поморщился, но было не время возмущаться. Лизонька оглядела мою продрогшую тушку и сморщила носик:

— Итак, ты влип.

Что тут можно сказать? Нас многое связывало, и не удивительно, что она поняла меня с полуслова.

...Помереть за день до получения соцпособия — глупейшая из возможных смертей! Ваш идентификатор аннулируется, монеты уходят обратно в банк и никому не приносят счастья. Но деньги придуманы радовать людей, так? Предположим: вы воскресли на полчаса, сбегали к банкомату и лишь потом официально и торжественно легли в гроб; это ж совсем другое дело! А куда потрачены деньги, волнует разве что жадных родственников. Может, вы объелись фуа-гра и потому коньки отбросили? Ну да бог с ними, с противными наследниками, они ничего хорошего не заслужили своим потребительским отношением. Где истинная, бескорыстная любовь?

...Главное, чтобы медсестричка — по знакомству — сдвинула в базе дату кончины.

Покойники радовали меня целый год, но рано или поздно всё хорошее кончается. Ввели дополнительные проверки в базах, девушки потеряли кучу баллов социальной активности. Лиза тоже попала, но, кажется, не держала на меня зла.

Сейчас она выглядела строже и волосы укладывала иначе. А может быть, я ее с кем-то перепутал: они были похожи, девушки моего «ритуального» периода. Сестры милосердия с грустными глазами и приземленными надеждами. А я давал им возможность прикоснуться к чему-то большему! Они делали этот мир чуть лучше, гармоничнее, исправляли несправедливость судьбы.

Ох, девушки! С несчастной любовью в анамнезе. С кукольными квартирками, где на стене висит какая-нибудь пошлость, «Романтический поцелуй на пляже», к примеру. Почему у хороших женщин совсем нет чувства стиля? Но у Лизы в коридоре африканская маска усмехается недобро. Я скрестил пальцы — от сглаза.

И рассказал ей почти все.

— Без проблем, — снова сказала она. — Я знаю, кто тебе нужен. Проходи в комнату.

Этот тип по-хозяйски расположился на диване. Вытащил длинные ноги и пялится в новостную ленту, словно ничего интересней в жизни не видел. Э... что за Пиночкио диван обживает? Я «обнюхал» территорию: если у них с Лизой роман, то непохоже, чтобы он зашел далеко. Поверьте, я не собственник. Но не люблю, если «мои» девушки обращают внимание на кого-то еще. Это их расхолаживает.

— Знакомьтесь: Квинт Би Центено. Го... Георгий Цыбин.

Вот это имечко у типа! Что за подозрительное «Би», интересно? У меня-то с ориентацией все в порядке... Центено ослабилась, сунул мне твердую ладонь.

— Квинт с Марса, — сообщила Лиза. — Ну, мальчики, знакомьтесь, и будем обедать.

Мы проводили ее одинаковыми взглядами. Это мне совсем не понравилось.

— Свободный творец, — отрекомендовался я. — А вы чем занимаетесь, если не секрет?

— Я брейдер, — выдал он гордо. (Еще бы знать, что это за зверь.)

— Профессиональный заплетательщик... заплетатель то есть, — туманно пояснила Лиза, возвращаясь с тремя соевыми бифштексами. — Косички плетет. Из волос и ниток.

— Парикмахер, что ли?

Марсианин скривил такую рожу, будто я его роботозуборщиком обозвал.

— Парикмахер — это примитивно, а брейдинг — истинное искусство. Если бы дорогая Лиза позволила продемонстрировать...

— Чуть позже, Квинт. Чуть позже.

Что за болван! Понятно же: Лиза — девушка тонкая и к своим волосам никакого марсианина не подпустит! Но ему улыбается... Эх! На какие жертвы ей приходится идти ради меня. Придется и мне расстараться. Я надел милое лицо и обаятельную улыбку, устроился в кресле поудобнее, но тут чайник на кухне взвыл раненым зверем, и Лиза побежала его укрощать. Интересно, какое отношение этот... брейдун... имеет к моим проблемам?

Самый странный обед в моей жизни. Я все пытался устроиться поближе к Лизе, приобнять, но она ускользала. Впрочем, и марсианину нежных чувств не выказывала. Никогда не могу понять — что их связывает?

Лиза первая расставила точки над «ё».

— Итак, мальчики, — она сдвинула в сторону пустые контейнеры, — вы хотите поменяться личностями...

Ай да Лизонька! Молодчина! Мое облагораживающее влияние чувствуется. Это даже лучше, чем документы покойника, — оригинально! Мы с Квинтом переглянулись. Ха! Если он думает, что я не проверю, записаны ли на него кредиты или... Я не такой простака, как некоторые.

— И что вас не устраивает в вашей личности?

— Творцу... на Марсе трудно добиться признания, — выдавил он и потупился.

Ну да, с такой идиотской профессией — неудивительно. На Землю захотел перебраться? Ради бога!

— А вы, Георгий?

— О, решил обновить свою жизнь, — заявил я с утомленным видом. — Иногда нужна встряска, чтобы почувствовать вкус к существованию.

Лиза прыснула. Как она обаятельно смеется! Ничего, солнышко, я с лихвой вознагражу тебя за все старания. Только остаться бы наедине.

— Раз вы договорились, то теперь надо только обновить генные карты, личные коды, иридо- и папиллярные идентификаторы.

— У тебя появился знакомый хакер?

— Лучше, мальчики. У меня социально значимая работа. Военкомат.

Военкомат... Почувствуйте себя в романе Кафки!

Сие богоугодное заведение — хуже чем горящий бордель во время наводнения. Жеребцы в трусах носятся по коридорам. Вопли сержантов заставляют мигать лампочки. Все нервные, потные, злые... невнимательные! Лиза улыбнулась, унося нашу одежду, неудивительно — на Квинте красовались семейные трусы в мелких кошечках: «Хелло, Китти». Ноги у него кривые. Стоит посреди коридора, словно геодезический столб в пустыне. И толстокожему марсианину все нипочем. Добрый день, Чистилище! Идеальное место для авантюры. Пора настояющему артисту ступить на сцену.

— Добрый человек, извините...

— Как обращаешься, новобранец! — зарычал вояка. Квинт аж присел.

— Извините, извините. — Общаться с солдафонами — особое искусство. Во-первых, он должен чувствовать себя главным...

— Нужно говорить: «Разрешите обратиться, господин сержант!» Что там у вас?

Главное правило: вояка должен считать себя умнее вас.

— Медики что-то напутали. У меня всегда была третья группа крови... добры... господин сержант!

— Что? — Сержант, хмурый, как разбуженный медведь, потащил нас за собой. — Напутали? Оторвет вам ногу — как медробот переливание будет делать?

— Да, сэр, это важный вопрос. — Так и знал, что Квинта не заставишь молчать. Но сержант покосился и исчез за дверью.

Пока в кабинете бушевал смерч в погонах, я пытался исправить мозги марсианскому глупцу: «Молчать, пучить глаза, выглядеть идиотом! У тебя получится, Квинт. Нельзя отвлекать военного от поставленной задачи». Надеюсь, парень не настолько туп, как был Джеф...

— Заходите по одному, они исправят! — пробасил вернувшийся сержант. Марсианин просочился за дверь, а я остался в обществе дубоголового.

— В какие войска пойдешь, сынок?

Ой-ей! Еще и участливый отеческий взгляд. Дело плохо.

— Пока не решил, господин сержант!

— Просись в космофлот, там инициативных ценят.

И по плечу меня потрепал. Как же, буду я полгода болтаться в железной коробке... тоже офис, только дресскод другой. А довольный сержант потопал по коридору. Так, этому носорогу больше на глаза попадаться нельзя.

Хорошо, что удостоверение личности единое: соцкарта. Она же — военный билет, кредитная и медицинская карты. Вносишь в нее изменения — официально, между прочим, — и вуаля! Становишься другим человеком. Увы, изменений должно быть восемнадцать, каждое в своем кабинете. А порядки в военкомате — форменное издевательство. Холодно... Мы с Би Квинтом побежали трусцой и окончательно перестали выделяться в толпе. Впрочем, отныне Квинт Центено — это ж как раз я! А значит, думать надо: «Мы с Гошей Цыбиным» — вот на таких мелочах и горит наш брат!

Четыре часа мы трусили по плохо окрашенным коридорам, дурили головы врачам и изображали энтузиазм перед вояками. Теперь все: можно надеть брюки, свитер и отправляться в новую жизнь. Хотя...

Ничего в этой жизни не дается просто! Я насчитал восемнадцать параметров, а главный — привязка к генокоду? И ведь несоответствие не спишешь на врачебную ошибку, забывчивость... многие макаронные изделия я разместил сегодня на людских ушах. Однако что делать с генокодом? Неудачник вроде Гоши Цыбина опустил бы руки и погорел при первой серьезной проверке, но я — предусмотрительный Квинт Центено — никогда!

Мироздание, пошли мне удачу.

Кабинет генсканирования, конечно, закрыт. Конец рабочего дня: офисные человечки поехали к женам да любовницам, а кто еще не выбрался за двери — занятя: предвкушают разрешенные и запретные удовольствия приближающихся выходных. Всё, как я и рассчитывал. Осталось войти внутрь кабинета. Как? Взломать дверь? Использовать отмычку (а где ее взять)? Попробуйте догадаться, если коэффициент соцактивности еще не заменил вам мозги. Подсказка: я в белом халате, стою у двери, в руках — гора папок. Вот та волшебница, что мне нужна.

— М-мари, пжалста, п-моги! — говорю невнятно, ибо подбородком придерживаю рассыпающиеся папки, поэтому любой догадается — ключ мне никак не достать. Как узнал имя? Люди болтливы, я внимателен. Секунда — и Квинт Би Центено с грудой папок в лаборатории. С Мари расплатился улыбкой, на сдачу — получил ее восхищенный взгляд. Ничего не скажу больше, только промолчу загадочно. И не зря я два месяца волонтером в медцентре отпахал. Чуть не сдох от скуки, зато знаю, как сканер включать. Машина замурлыкала, словно довольный кот.

Пришлось отдельно повозиться с марсианской карточкой: напридумали краснопланетники дополнительных защит. Но теперь никто не докажет, что Квинт Би (проклятье!) Центено — не ваш покорный слуга. Не бывает ситуаций безвыходных для человека творческого, а значит — «Здравствуй, прекрасная новая жизнь!»

На выходе сидел тот самый сержант.

— Ну как, новобранец? Выбрал космофлот? — И либится, пропуская мою карточку сквозь сканер. — Не, так дело не пойдет! Давай-ка в триста шестнадцатый и определись с родом войск.

Ну конечно! Мир вечно норовит подставить подножку, подстрелить на взлете, словно утку в тире. Поплелся обратно, сопровождаемый дебильной улыбкой вояки. Бывший марсианин Гоша — за мной. Еще и спрашивает, идиотина:

— Нам что, теперь служить придется?

Брейдер хренов. Убил бы гада!..

Военкомат удалось покинуть через окно служебного туалета «для девочек» — спасибо, Лизонька! Творческие способности, как у белочки, но в сообразительности ей не откажешь.

Я крутился перед зеркалом, примеряя выражения лица, которые подходили бы новому имени: «Квинт Центено, к вашим услугам», «Меня зовут Квинт, милашка», «Мистер Центено, вы предпочитаете мелкими купюрами?» Опре-

деленно, новая личность начинала мне нравиться. Мы с ней еще горы свернем.

Из ванной доносилась возня. Этот феерический болван — новый Цыба — наконец допущен к волосам Лизы. Как представишь — всю жизнь плести косички; ох!.. На парусном флоте так занимали команду в штиль, дабы избежать бунта: плести и расплетать канаты.

Яростный вопль из ванной! Он что — горло ей перерезал?

— Это о-оригинальный стиль!.. — Квинт... то есть Гоша, был бледен и трясся.

— А-а-а! Идиот! Зачем я, дура, тебя послушалась — глаза закрыла? Расплети немедленно!

— Я их наногелем. Через десять дней...

— Придурак! Имбецил! Кретин!

На Лизиной голове топорщилось множество тонких косичек. И на каждой разевала пасть и сверкала глазами-диодами игрушечная змеиная голова.

— Гоша, ну скажи, это же идиотизм? — Она едва не плакала.

Ну как тут было сдержаться?

— Можно сниматься в трэш-гламуре. Без грима, — с готовностью подтвердил я.

— И ты издеваешься! — Лиза аж задохнулась. — Видеть вас не могу. Обоих. Убирайтесь. Немедленно!

В ярости Лиза-горгона была чудо как хороша. Что-то такое всегда дремало в моей бывшей напарнице, а Цыбин выпустил это на свободу. Уважаю! Самую малость... Но его выгнать — понятно, а меня за что? Ладно, пусть поплачет над загубленной внешностью, успокоится, тут-то и явлюсь я — с шампанским и утешениями. Обхаживать девушек со змеями в волосах? — пикантно. «Почувствуй себя античным героем!» — наш девиз! Есть в профессии Цыбина нечто такое... правильное. Жаль, что дурак... Я помчался в супермаркет.

Погода для меня расстаралась: над проводами повис белый месяц, рябины бесстыдно алеют, словно губы, накрашенные помадой. И черные тени на белоснежном снегу. Интересно, когда марсианского косоплета заметут за аферу — он поймет, что случилось? Нагруженный шампанским и фруктами, я двинулся к кассам. Весь мир лежал у моих ног.

...Через секунду мироздание подсуло двух тузов к мизеру. Андроид-охранник с бейджем «27D2087» предложил пройти в комнату персонала — и я понял, что дело неладно. «Где я мог проколоться? Как меня нашли? Выследили из военкомата и отправят служить в армию? Черт, только не это!..»

Подъехавший сотрудник СОЗ сверился с комом:

— Квинт Би Центено?

Святые небеса! Так это не за мои прегрешения?

— Действие вашей визы закончилось полтора месяца назад. Ваше пребывание на Земле незаконно. В соответствии с правилами вы депортируетесь по месту регистрации — на Марс.

Сканер пискнул, списывая с моей (моей!) карты баллы социальной активности. Только я мог так влипнуть, как бы меня ни звали. Но каков марсианин, ведь ни словом не обмолвился о таких проблемах! Кредиты я проверил, и проблемы со службой общественного здоровья — тоже, а вот об иммиграционной службе не подумал... Ладно. Путешествие на Красную планету сотрет все следы моего перевоплощения, — а до него мухи из СОЗ еще доберутся. И скоро!

Шампанское я выпил в межпланетнике...

Ненавижу облупленный эконом-класс — сплошные андроиды кругом. Тетка-нелюдь всю дорогу откусывала кусочки от моего мозга, распинаясь, как хорошо им на Марсе: расширенные гражданские права и руководящие должности могут занимать. Представь себе, любезное мироздание: недолудей на Красной планете называют артмэнами! Того, кто это придумал, — медленно топить в дрянном пиве. Плевать, что «арт» не от artistic, а от artificial, — натуральное же оскорбление для любой творческой личности! Предвижу, Марс свою независимость профукает, не пройдет и столетия, — раз допускает искусственную шваль к работе для настоящих людей! Бежать оттуда надо. Отдохну и разработаю план. Или я не Цы... тьфу, Квинт Центено...

При посадке противно болтало, словно Марс предупреждал: «Тут тебе не рады!» Кто бы сомневался. Красноватая пыль за пластиком иллюминатора, запах пота и нагревшейся пластмассы. Марс, как он есть.

Я принялся искать выход для людей и... не нашел. Да они свихнулись со своей целлулоидной толерантностью! Где скамейки с табличками «Только для людей», где вышибалы, следящие, чтобы андроиды не заходили в человеческие туалеты? Где, в конце концов, обязательные бейджи? Вон тот длинноносый, я же точно вижу, что андроид, а опознавательного знака нет. Мрак и ужас! В какую дыру я прилетел!

А тут еще демонстрация, потрясающая плакатами: «Артмэны — тоже люди!», «Долой тест на социальную адекватность» и даже «Артмэны — наше будущее!» Не меньше половины демонстрантов — люди, вот так. Психи, не иначе! Театр абсурда под красным небом.

Я полез в комм изучить варианты возвращения домой. И на тебе: сволочь Цыбин крепко прижал мне хвост. Даже туристом на Землю не слетать раньше чем через три года.

— Вашу соцкарту, будьте любезны.

Служащий — болтун почище нынешнего Гоши Цыбина.

— Хорошо отдохнули на Земле, дружище артмэн, да? Что же вы: еще не начали программу социальной адаптации, а уже заработали списание баллов...

Я приосанился — творческого человека по полету видно. Но тут же вспомнил, кого попутчица называла артмэнами. Или тетка что-то перепутала, или этот толстый болван принял меня за андроида. И о чем он говорит? Про списанные баллы я и без него знаю, но...

— Девушка, знаете ли.

— О! Это вы молодец, — восхитился таможенник. — А у нас такие страсти про Землю рассказывают. Вроде там всех артмэнов заставляют номер на видном месте носить. Того им нельзя, сего. А вы молодец — девушку завели. Одобряю!

Он натуральный кретин, что ли? Или у меня с рожей что-то не так? Освещение плохое?

— Впрочем, неудивительно, все-таки ваша группа адаптирована под социальные профессии. — Таможенник потыкал пальцем сосиской в экран. — О, правильно вспомнил: группа «эй» — решение управленческих задач, «би» — социальных, «си»... «ди»...

Я перегнулся через стойку, изучая расшифрованные данные соцкарты: «Квинт Би Центено»: «квинт» — пятый экземпляр, группа «би» (адаптированная под социалку, черт бы ее побрал!), а «центено» — 2100 год выпуска. У

меня — документы андроида? Голова стала легкой-легкой; таможенник продолжал болтать, я смотрел на его шевелящиеся губы — словно в винтажном кино — и ни слова не слышал... Я, Квинт Би Центено, креативный, талантливый, упрямый — андроид? Искин, мать его, артмэн?

Лизавета знала, не могла не знать, а идея про обмен документами была ее! А я радовался, что нашел идеального простака... Ах, Лиза, мегера со змеями в волосах, что я тебе сделал, чтобы так со мной обойтись? Я ли тебя не ценил...

Судьба дала мне увесистого пинка: творческая личность? Получай убогую долю недочеловека! Зал раскачивался перед глазами и подмигивал мне тусклыми лампами. Я собрал остатки мужества.

— Вы что-то сказали... про программу социальной адаптации?

Сколь жестокосердна жизнь! И рассвет не в радость, и зима не зима: из-под купола сыплется холодная изморось. А солнце здесь — холодное, далекое, равнодушное.

Тоска и сырость. Изо дня в день я набиваю данные в базу. Не дай бог опоздать на работу — спишут баллы. Рябь в глазах от «шариков». Ладно, в игровом рейтинге на втором месте — сказывается творческое начало.

Жизнь щерится довольно: вот тебе пять лет социальной адаптации, докажи-ка, Квинт Би Центено, — ты достоин быть вольным артмэном и получить полноценное гражданство. Почти полноценное: должность не выше начальника отдела, не устраивать выставки без согласования с СОЗ... и еще триста восемнадцать «не». Я считал. Трудно жить нам, людям, выращенным в пробирке.

Ну, милашка Лизавета!

Если мне выпало стать андроидом — это слово будет звучать гордо! Плакат на белоснежном пластике: «Артмэнам — творчество. Людям — офис!» уже доделан. Пусть демонстрации не конвертируются в баллы социальной активности, но надо же что-то делать.

А еще у меня есть идея...



Издательство «Снежный Ком М» представляет новые книги

**Легенды
неизвестной
Америки**
Тим Скоренко



Великий автогонщик Рэд Байрон и прекрасные сестры Сазерленд, скрывающийся от правосудия нацистский преступник и слепоглохонемая девушка, первое посольство США в Москве и военные действия в китайском Нанкине, провинциальные гангстеры 30-х и диковинный паровоз инженера Холмана. Казалось бы, между героями и реалиями этой книги нет ничего общего: многие из них вымышлены, иные же существовали на самом деле, реальность смешивается с фантазией, XVIII век мерно перетекает в XXI...

Удивительные истории, захватывающие сюжеты, живые легенды, сплетающиеся на страницах романа, охватывают значительный временной период, и единственное, что их объединяет, — это то, что все они могли произойти на самом деле. Или — пусть остается крошечная вероятность! — на самом деле произошли.

**Питомник
богов**
Владимир
Ешкилев



Пройдет всего восемь веков, и человечество расселится по ближайшим звездным островам. Построит гигантские космические линкоры. Найдет братьев по разуму. Научится проникать в пространственные червоточины Темных Путей. Но все эти достижения не сделают людей счастливыми, не защитят от вирусов, психических эпидемий, экономических кризисов и манияльных владык.

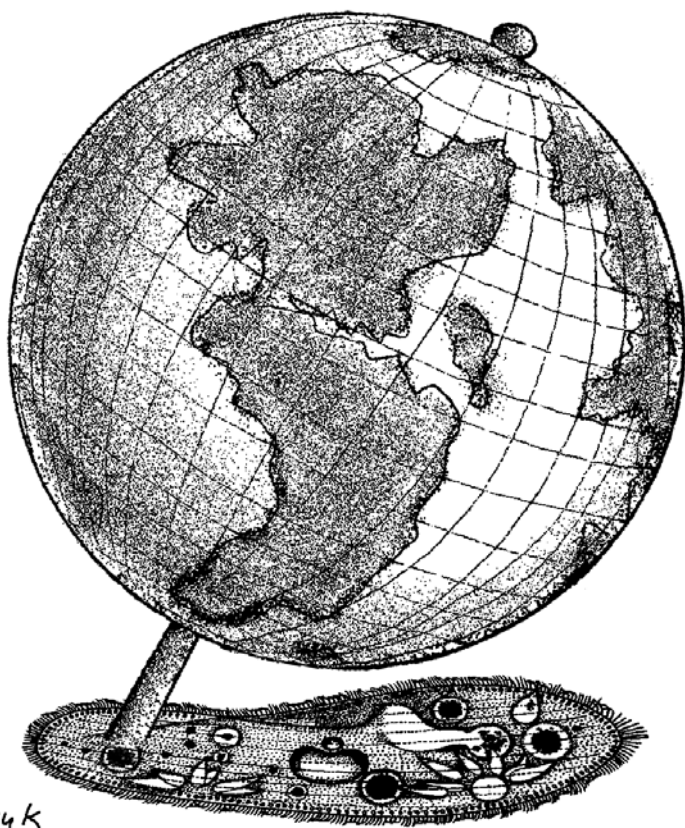
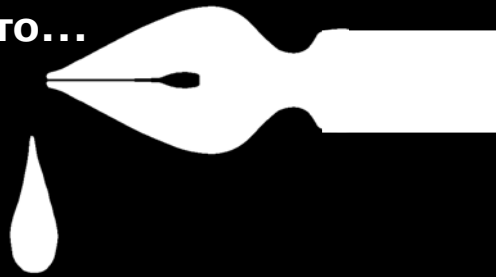
А потом из бездн Темного Агрегата Ориона придут неведомые монстры. И тогда секретная служба Галактической Империи отправит экспедицию на планеты, обращающиеся вокруг древних красных звезд. Туда, где в океанах живут головоногие исполины, а в глубинах базальтового плато сокрыт таинственный Питомник Богов, свидетель изначальных эпох Космоса

Гусариум
Антология



Лев Толстой с помощниками сочиняет «Войну и мир», тем самым меняя реальную историю... Русские махолеты с воздуха атакуют самобеглые повозки Нея под Смоленском... Гусар садится играть в карты с чертом, а ставка — пропуск канонерок по реке для удара... Кто лучше для девушки из двадцать первого века: ее ровесник и современник или старый гусар, чья невеста еще не родилась?... Фантасты создают свою версию войны Двенадцатого года — в ней иные подробности, иные победы и поражения, но неизменно одно — верность Долгу и Отечеству.

Подробности на сайте
<http://www.skomm.ru/>



MPsyuk
КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Колонизация Земли

Считается, что сначала в атмосфере Земли свободного кислорода не было и жизнь началась с анаэробов. Затем, 2,4 миллиарда лет назад, экосистема вывернулась наизнанку, атмосфера наполнилась кислородом, и началось царство аэробов, для которых кислородное окисление — главный источник энергии. Анаэробам остались отдельные экологические ниши, куда кислород не проникает. Возник же кислород как продукт жизнедеятельности самих анаэробов — фактически они впервые в истории планеты задохнулись в собственных нечистотах. Работа, выполненная Евой Штюкен, аспиранткой из Вашингтонского университета, вносит коррективы в этот сценарий («Nature Geoscience», 2012, 5, 722–725, doi:10.1038/ngeo1585). А изучала она перемещение серы с континента в океан. Сера может попадать в воду несколькими способами. В частности, она высвобождается при разложении металлвосстанавливающими бактериями пиритов, прежде всего на основе сульфида железа. Поскольку в этом минерале есть немного молибдена, он окажется в океане вместе с серой. Именно сера со следами молибдена и встретилась исследовательнице во многих сотнях образцов морского дна возрастом 2,75 миллиардов лет назад. «Получается, что в это время на суше обитали разрушающие пирит микроорганизмы, причем распространены они были повсеместно», — говорит Ева Штюкен.

Наличие развитой сухопутной жизни в докислородное время противоречит существующим представлениям, ведь тогда не было озонового слоя, защищавшего микробов от губительного ультрафиолета. Но факт остается фактом. Согласно новой модели, кислород, поначалу выделяемый при разложении пирита, погибал в реакции с метаном атмосферы, однако впоследствии появились бактерии, использующие серу для разложения метана. Тогда-то атмосфера и стала кислородной. Если такая картина подтвердится, то выйдет, что не было никого «утопления первожизни в собственных нечистотах», а было стремительное развитие видов, освоивших новый источник энергии

С.Анофелес

...программа исследований, намеченная к выполнению на Большом адронном коллайдере после открытия бозона Хиггса, может прояснить, описывается ли природа Стандартной моделью или же нужна другая теория («Успехи физических наук», 2012, 182, 10, 1017–1025)...

...максимум солнечной активности наблюдается, когда Венера, Земля и Юпитер находятся почти на одной линии относительно Солнца; существует однозначная связь 11-летнего и 22-летнего циклов солнечной активности с минимальной средней разностью гелиоцентрических долгот этих трех планет («Вестник Московского университета. Серия 3», 2012, 4, 56–61)...

...остановка патентования в области нанотехнологий и помещение в свободный доступ всех результатов, полученных при государственном финансировании этой тематики, существенно увеличат количество инноваций («Nature», 2012, 491, 7425, 519–521)...

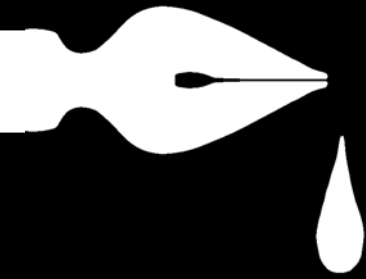
...один из объектов океанологических исследований — глубоководные водопады, то есть придонные потоки воды, стекающие вниз с неровностей рельефа («Доклады Академии наук», 2012, 446, 5, 575–579)...

...создан новый алгоритм, который может быть использован для предсказания изменений уровня глюкозы в крови больного диабетом («Neural Networks», 2012, 33, 181–193)...

...опубликован обзор генов и сигнальных путей, отвечающих за регуляцию кровяного давления и, в частности, за гипертензию («Trends in Genetics», 2012, 28, 8, 397–408)...

...на дне Тихого океана, в Российском разведочном районе железомарганцевых конкреций Кларион-Клиппертон, найдены новые виды гигантских простейших сантиметровых размеров («Журнал общей биологии», 2012, 73, 5, 377–388)...

...построена и проанализирована 1896-летняя древесно-кольцевая хронология для территории Алтая («География и природные ресурсы», 2012, 3, 22–30)...



...под воздействием потепления климата уменьшаются в размере нетеплокровные животные, причем у водных видов это выражено сильнее, чем у наземных («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2012, 109, 47, 19310—19314)...

...основные причины пожаров на торфяных болотах — непродуманная мелиорация, ведущая к пересыханию, а также использование торфяных почв под зерновые и корнеплоды без посева многолетних трав («Почвоведение», 2012, 10, 1127—1128)...

... российские психологи показали, что телевизионные предпочтения, сформированные в возрасте 9—10 лет, не влияют на детскую агрессивность полтора года спустя; различие с результатами других работ может быть вызвано коротким интервалом исследования («Психологический журнал», 2012, 33, 5, 26—27)...

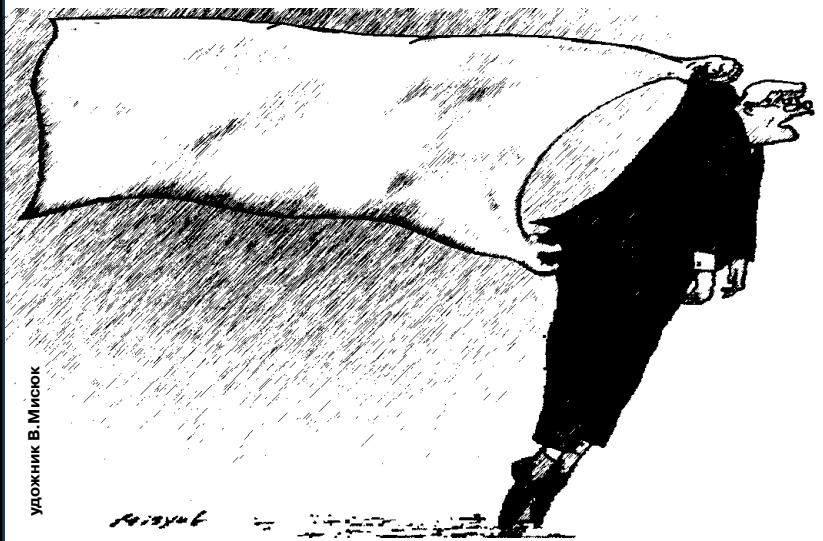
...участвовать в демонстрации или митинге готовы около 15% жителей Москвы, собирать подписи под коллективным обращением — около 20%, поставить подпись под обращением — около 68% («Известия РАН. Серия географическая», 2012, 5, 27—39)...

...у двух третей аргентинских индейцев, веками потребляющих воду с высоким содержанием мышьяка, обнаружены варианты генов, с которыми связан ускоренный вывод этого яда из организма («Environmental Health Perspectives», онлайн-публикация 16 октября 2012 г., doi:10.1289/ehp.1205504)...

...с начала 2012 года по октябрь из России было экспортировано более 150 тысяч тонн топливных гранул из лузги подсолнечника (<http://www.infobio.ru/news/1655.html>, 1 октября 2012 года)...

...для профилактики каннибализма у кур рекомендуется не только удаление части клюва, но и монохроматическое красное освещение в период яйцекладки («Ветеринария», 2012, № 10, 22—24)...

...запатентовано устройство для наращивания льда на поверхности реки, чтобы обеспечить безопасную транспортировку грузов по переправе («Изобретатель и рационализатор», 2012, 9, 8)...



художник В. Мисюк

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Политические шоры

«Ну что вам эта точность определений, давайте покончим со всяческими измами, не в них суть, все различия придуманы, народ же един. И вообще, надо просто лучше работать, и все пойдет на лад», — не раз и не два говорили политики в разных странах, пытаясь сплотить людей перед лицом очередных трудностей. И эти заклинания могут действовать довольно долгое время. Однако существует ли в социуме, объективно разделенном на политические группы, основа для единого взгляда на мир? Исследователи из Чикагского университета во главе с Кирком Уолтером накануне президентских выборов 2012 года в США провели опрос, который камнями на камне не оставил от этой гипотезы (Агентство «NewsWise», 12 ноября 2012 года). Результаты его показали, что американские демократы и республиканцы, проживая бок о бок, существуют в двух перпендикулярных реальностях. В общем-то неудивительно, что деятельность демократического президента Барака Обамы они оценивают исходя из партийной принадлежности: ее одобрили 55% демократов, 20% независимых избирателей и 8% республиканцев. Интересно, что вроде бы объективный показатель — благосостояние — изменился за время его правления в полном соответствии с партийной принадлежностью: благосостояние выросло у 28% демократов, 12% независимых и всего у 9% республиканцев. Трехкратный разрыв — это явно за пределами статистической ошибки. Партийные шоры на глазах мешают и ясно разглядеть, кто виноват в экономических неурядицах. Так, из числа ярких демократов лишь 1,2% обвиняют в них Обаму и 0,1% — демократов-конгрессменов. Республиканцы отвечают им взаимной любовью: предыдущего президента Джорджа Буша считают во всем виноватым лишь 2,4% его сторонников, конгрессменов же своей партии винят 0,4%. Очевидно, что основная вина перекаладывается на плечи политических конкурентов. Более того, искажаются даже факты недавнего прошлого. Так, Джордж Буш еще в 2003 году начал реформу здравоохранения, изменив порядок выписывания рецептов, а Барак Обама внес свою лепту в ее проведение, обнаружив Акт о доступном лечении. Известно, что демократы этой реформе рады, чего не скажешь о республиканцах, считающих ее прологом к установлению в США коммунистического правления. И что же? Обе части реформы 62% сторонников Обамы приписывают своему кумиру. Из сторонников же республиканца Митта Ромни лишь 4,35% отмечают, что первым все-таки был Буш. «Проводя этот опрос, мы хотели понять, каким образом можно навести мосты между этими двумя частями страны и решить наиболее животрепещущие проблемы», — отмечает автор исследования.

А. Мотыляев



А еще — за прекрасных дам!

В.В.УСКОВУ, Санкт-Петербург: Спиртлистьяев — такое оригинальное название носит цис-3-гексенол $C_2H_5CH=CHCH_2CH_2OH$, используется в парфюмерии, пахнет травой и свежими листьями.

М.Н.КУЗНЕЦОВОЙ, Алексеевка Самарской области: Для выдувания мыльных пузырей не зря советуют брать дистиллированную воду — ионы кальция в жесткой воде взаимодействуют с поверхностно-активными веществами и тем самым снижают эффективность пузырьобразования.

Д.В.ЗНАМЕНСКОМУ, Ярославль: Саке переводчики называют то рисовой водкой, то рисовым вином, но, если исходить из технологии, это, скорее всего, рисовое пастеризованное пиво

*Л.Н.ЛАВРЕНТЬЕВОЙ, Москва: Цитрон — не то же, что лимон, это другой вид семейства цитрусовых; у него суховатая мякоть и толстая ароматная кожица, кстати, слово «цедра» происходит от его итальянского названия *cedro*.*

В.А.СЕДУНОВУ, Новосибирск: Говорят, что царапину на ЖК-мониторе можно замаскировать с помощью жидкости для ускоренного высыхания маникюра, а химики подтверждают, что в состав этой жидкости входят пленкообразователи, маскирующие царапины и неровности; сами мы, однако, этот рецепт не пробовали.

В.АЛЕКСАНДРОВУ, Казань: Ваша заметка о законах планетарных расстояний и их связях с периодами обращения планет, интересна, однако эти эмпирические законы можно и нужно проверить на других системах, благо экзопланет сегодня известно много; в следующий раз не забудьте указать обратный адрес.

В.ШИРОКОВУ, электронная почта: Увидеть луч света сбоку невозможно, если нет его рассеяния на частицах пыли или тумана

Александру МАКЕДОНСКОМУ, Екатеринбург: Подавать на редакцию в суд за то, что предложенный вами материал нас не заинтересовал, совершенно бесполезно; пользуясь случаем, напоминаем всем читателям, что «Химия и жизнь» не публикует альтернативные варианты Периодической таблицы.

Минерал **киничилит** $Mg[Mn,Fe^{III}(TeO_3)_2]_2 \cdot 9H_2O$ назван по имени Кинити Сакураи (1912—1993), японского минералога-любителя и коллекционера минералов (он собрал большую научно документированную коллекцию — 670 видов из 1380 местонахождений Японии — и был соавтором монографии «Минералы Японии»). А по его фамилии был назван **сакураит** $(Cu,Zn,Fe,In,Sn)_4S_4$. В Японии фамилия Сакураи достаточно распространенная, что неудивительно; клан Сакураи известен много веков. Ее носили (и носят) музыкант и певец Ацуси Сакураи, боксер Такао Сакураи, писатель и военный Тадаёси Сакураи, автор книги о русско-японской войне, и многие другие. Наконец, это имя носит город в префектуре Нара.

Судoitu $Mg_2(Al,Fe^{III})_3Si_3AlO_{10}(OH)_8$ и **тосудиту** $Na(Al,Mg)_{12}(Si,Al)_{16}O_{36}(OH)_{24} \cdot 10H_2O$ достались имя и фамилия японского минералога и кристаллографа из Токийского университета Тосио Судо (1911—2000). Второе имя и фамилия американского коллекционера минералов Лео Нила Йедлина (1908—1997) — **нилиту** $Pb_2Fe^{II}(As^{VO}_4)_2Cl_4$ и **йедлиниту** $Pb_3CrCl_6(O,OH)_8$.

Страшимирит $Cu_4(AsO_4)_2(OH)_{22} \cdot 5H_2O$ носит имя болгарского петрографа академика Страшимира Димитрова (1892—1960). Эта древняя фамилия происходит от названия села в Смолянской области на юге Болгарии; ее носил, например, живший в XIV веке болгарский царь Иван Страшимир. Ничего страшного в этой фамилии нет: «страши» по-болгарски значит «старший».

Название минерала **уиллхендерсонита** $KCaAl_3Si_3O_{12} \cdot 5H_2O$ образовано от имени и фамилии американского врача и собирателя минералов Уильяма Хендерсона, который нашел этот минерал. Это тоже очень распространенная в Англии и США фамилия; многим известна сеть салонов мужской моды Henderson. Но для химиков более полезны справочники Hershenson H. M., *Ultraviolet and Visible Absorption Spectra*, 1956 и Henderson H. M., *Infrared Absorption Spectra*, 1959.

Бесцветные прозрачные кристаллы фторида бария BaF_2 , имеющие гидротермальное происхождение, были названы **франкдиксонитом** — в честь Франка Уилсона Диксона, профессора геохимии Стэнфордского университета. Кстати, синтетический фторид бария используют как материал для инфракрасной (до 12 мкм) оптики.

Свинцово-цинковый арсенат **хельмутвинклерит** $PbZn_2(AsO_4)_2 \cdot 2H_2O$ назван по первому имени и фамилии немецкого петролога и минералога, работавшего в Гёттингенском университете Хельмута, Густава Франца Винклера (1915—1980). Намного более известен немецкий химик-технолог Клеменс Александр Винклер (1838—1904). В 1881 году он открыл предсказанный Менделеевым химический элемент германий, за что создатель Периодической системы назвал его «укрепителем» своей теории. Интересно отметить, что с германием связан редкий случай, когда Менделеев немного ошибся. Дело в том, что в первых сообщениях об открытии германия Винклер не указал его атомного веса. Думая о размещении вновь открытого элемента в своей таблице, Менделеев предположил, что это предсказанный им экакадмий, о чем и написал Винклеру. Впервые отождествил германий с экасилицием русский химик Виктор Юльевич Рихтер (1841—1891), который убедил в этом Менделеева и Винклера. Со временем Винклер получил из 500 килограммов руды, содержащей большое количество германия, 156 граммов чистого вещества. Его анализ показал точное соответствие предсказанному Менделеевым экасилицию.

Все упомянутые «именные» минералы были названы в честь мужчин. Но среди таких минералов немало и женских имен: в честь женщин получили свои имена более сотни. Вот лишь некоторые, названные не по фамилии, а по имени.



Мариалит



Сантабарбарит



Воробьевит



ИМЕНА МИНЕРАЛОВ

Начнем со святой. **Сантабарбарит** $\text{Fe}^{\text{III}}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ назван в честь святой великомученицы Варвары, жившей в IV веке. Она укрылась от преследования в горной расселине, которая чудесным образом расступилась перед ней. Поэтому Варвара считается покровительницей рудокопов, она помогает им копать. В России «Санта-Барбара» ассоциируется почти исключительно с телесериалом, а не с городом в Калифорнии.

А вот **сантакларит** $\text{CaMn}_4\text{Si}_5\text{O}_{14}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ имеет к женщинам только опосредованное отношение: он назван по округу Санта-Клара в Калифорнии. На его территории расположена знаменитая Кремниевая долина (часто ее неправильно называют Силиконовой, хотя основой чипов является кремний, а не кремнийорганический полимер-силикон). Округ (и одноименный город) названы в честь святой Клары Ассизской.

В честь минералога профессора Екатерины Владимировны Рожковой (1898—1979) назван борный минерал **екатеринит** $\text{Ca}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{Cl}_{22} \cdot \text{H}_2\text{O}$, открытый в 1980 году.

Немного не дожидая до столетнего возраста химик и минералог Ирина Дмитриевна Борнеман-Старынкевич (1890—1988), она изучала редкие минералы Хибин и Ловозера. В память о ней были названы минералы **иринит** — ториевая разновидность лопарита $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Th})_{1-x}(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_{3-x}(\text{OH})_x$ — и **борнеманит** $\text{Na}_4\text{BaTi}_2\text{NbSi}_4\text{O}_{17}(\text{F}, \text{OH}) \cdot \text{Na}_3\text{PO}_4$.

В 2002 году было утверждено название минерала с еще одним женским именем — **ларисаит** $\text{Na}(\text{H}_3\text{O})(\text{UO}_2)_3(\text{SeO}_3)_2\text{O}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, в честь минералога и кристаллографа Ларисы Николаевны Беловой (1923—1998), которая внесла значительный вклад в исследование урановых минералов.

Редкий рутениевый минерал **лаурит** (RuS_2) впервые был обнаружен в 1866 году на острове Борнео. Его изучил американский химик из Колумбийского университета в Нью-Йорке Чарльз Арад Джой (1823—1891). А назвал его в честь своей жены Лауры — нечастый случай в минералогии. Однако не единственный: **мариалит** $(\text{Na}, \text{Ca})_4(\text{Si}, \text{Al})_{12}\text{O}_{24}(\text{Cl}, \text{CO}_3, \text{SO}_4)$, открытый в 1866 году боннским профессором минералогии Герхардом фон Ратом (1830—1888), был им назван по имени своей жены Марии Розы.

Имя минерала **ольгита** $\text{Na}(\text{Sr}, \text{Ba})\text{PO}_4$ — от имени Ольги Анисимовны Воробьевой (1902—1974), представительницы первого поколения советских женщин-геологов. А **воробьевит** — одна из разновидностей берилла, окрашенного в розовый цвет примесями марганца, — назван в честь минералога Виктора Ивановича Воробьева (1875—1906).

Минералу **роземариту** $\text{NaMnFe}^{\text{III}}\text{Al}(\text{PO}_4)_3$ досталось имя Розмари Вилли, жены американского геолога Питера Джона Вилли, почетного члена РАН и Российского минералогического общества. Так назвали минерал в 1979 году коллеги Вилли —

П.Б.Мур и И.Ито.

Тереземагнит, минерал состава $(\text{Co}, \text{Zn}, \text{Ni})_3(\text{OH}, \text{Cl})_5(\text{SO}_4)_{0.5} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, получил свое имя от имени и фамилии Терезы Магнан, заслужившей признание исследованиями месторождения Кап-Гаронны во Франции. **Софиит** $\text{Zn}_2(\text{SeO}_3)_2\text{Cl}_2$ назван в честь минералога и вулканолога Софьи Ивановны Набоко (1909—2005), внесшей большой вклад в изучение вулканов Камчатки. А по ее фамилии назвали минерал **набокоит** $\text{Cu}_7\text{TeO}_4(\text{SO}_4)_5 \cdot \text{KCl}$. **Татьяниту** $(\text{Pt}, \text{Pd}, \text{Cu})_9\text{Cu}_3\text{Sn}_4$ досталось имя минералога Татьяны Львовны Евстигнеевой, сотрудника Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН. Когда швейцарский минералог Халил Сарп в середине 1970-х годов открыл новый минерал состава $\text{CaAl}_2\text{SiO}_4(\text{OH})_4$, он назвал его **шанталитом**, по имени своей жены Шанталь.

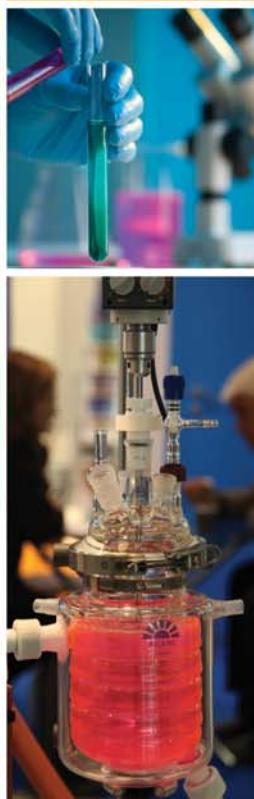
В то же время название минерала **маргарит** $\text{CaAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ происходит от греческого слова, означающего «жемчуг», а минерал **матильдит** AgBiS_2 назван по месту его находки в 1883 году — в руднике Матильда в Перу, как и **танеямалит** $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mn}, \text{Mg})_{12}[(\text{Si}, \text{Al})_6\text{O}_{17}]_2(\text{O}, \text{OH})_{10}$, найденный в японском руднике Танеяма.

И.А.Леенсон

11-я международная специализированная выставка

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

Аналитика Экспо



Мир инноваций!

получите билет на сайте

www.analitikaexpo.com

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

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

Организатор:



В составе группы компаний ITE
Тел.: +7 (495) 935 81 00
E-mail: lomunova@mvk.ru

Соорганизаторы:

НП «РОСХИМРЕАКТИВ»

ААЦ «Аналитика»



НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН
по аналитической химии

Официальная поддержка:

Министерство Промышленности и Торговли РФ
Федеральное агентство по техническому
регулированию и метрологии
Департамент природопользования и
охраны окружающей среды города Москвы
Российский Союз химиков