



К

3  
2016

НЗЖ И РИМХ







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

Подписано в печать 24.02.2016

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

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Альбрехта Альтдорфера  
«Битва Александра». Столкновения  
черных дыр, как и столкновения цивилизаций в великих битвах вызывают колоссальные волны в пространстве и во времени. Читайте об открытии гравитационных волн в статье «Удачная охота гравитационщиков».

*Если бы геометрические аксиомы  
задевали интересы людей,  
они бы опровергались.  
Томас Гоббс.*

# Содержание

<b>Событие</b>			
УДАЧНАЯ ОХОТА ГРАВИТАЦИОНЩИКОВ. С.М.Комаров .....	2		
<b>Научный комментатор</b>			
ПОЛЕТ НИБИРУ. С.М.Комаров .....	6		
<b>Нанофантастика</b>			
БАШ НА БАШ. Денис Тихий.....	9		
<b>Элемент №...</b>			
ЖЕЛЕЗО: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев .....	10		
<b>Статистика</b>			
ГОРДОЕ СЛОВО «УЧЕНЫЙ». Л.Намер .....	15		
<b>Вещи и вещества</b>			
МУРАВЬИ, ГРЫЗУЩИЕ ЛЕД. В.В.Челноков .....	16		
<b>Хемоскоп</b>			
РЕАКЦИЯ ПОД МИКРОСКОПОМ. ТКАНЬ ИЗ МОЛЕКУЛЯРНЫХ НИТЕЙ. ПУШКИ УДАРЯТ ПО БОЛЕЗНЯМ. А.И.Курамшин .....	20		
<b>Расследование</b>			
ФРУКТОЗА — ВРАГ ЧЕЛОВЕКА? Н.Л.Резник .....	22		
<b>Из писем в редакцию</b>			
КОВАРНЫЙ ПРОЦЕНТ. И.И.Гольдфаин .....	25		
<b>Болезни и лекарства</b>			
ОТ МЕДИЦИНЫ ДЛЯ ВСЕХ — К МЕДИЦИНЕ ДЛЯ КАЖДОГО (часть 2). А.В.Баранова .....	26		
<b>Дискуссии</b>			
ОБРАЗОВАНИЕ, КОТОРОЕ НУЖНО КАЖДОМУ. В.А.Острогорская .....	32		
<b>Мысли о будущем</b>			
ЖИЗНЬ ПОСЛЕ СЕТЕЙ. Виктор Вагнер .....	36		
<b>Математюры</b>			
О ПТИЧКАХ, ЗЕКАХ И АЛЬТРУИЗМЕ (часть 2). С.Рубина.....	38		
<b>Проблемы и методы науки</b>			
НЕЙРОХИМИЯ КОЛЫБЕЛИ. Д.А.Жуков .....	40		
<b>Книги</b>			
ЭТО НЕВЕРОЯТНО! Марк Абрахамс .....	44		
<b>Проблемы и методы науки</b>			
ГОЛУБОГЛАЗАЯ, СВЕЛОВОЛОСАЯ... Н.Л.Резник .....	46		
<b>Дневник наблюдений</b>			
ЕШЬ, ПОКА МЕДВЕДИ СПЯТ. Н.Анина .....	48		
<b>Страницы истории</b>			
ГАНС АЙЗЕНК: ТЕРМОМЕТР, ИЗМЕРЯВШИЙ ПСИХИКУ. С.В.Багоцкий.....	50		
<b>Радости жизни</b>			
НОВЫЙ ДОМ ДЛЯ ТРОПИЧЕСКИХ БАБОЧЕК. Л.В.Каабак.....	54		
<b>Что мы едим</b>			
КИСЕЛЬ. Н.Ручкина. ....	56		
<b>Фантастика</b>			
РЕАЛИТИ. Эдуард Шауров .....	52		
<b>В погоне за точностью</b>			
ОТ ЛОШМИДТА К КЕЛЬВИНУ. И.А.Леенсон. ....	64		
ИНФОРМАЦИЯ	14, 15	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	61	ПИШУТ, ЧТО...	62
		ПЕРЕПИСКА	64

# Удачная охота гравитационщиков

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М. Комаров**

Сентябрь 2015 года. Заканчивается пятнадцатый год безуспешных попыток поймать гравитационные волны в американском эксперименте LIGO. Обе его антенны — одна из них расположена в Хенфорде (штат Вашингтон), близ побережья Тихого океана, а вторая на другом конце континента, в луизианском Ливингстоне, — только что модернизированы и проходят техническую проверку. У аналогичной итало-французской антенны VIRGO в Италии, неподалеку от Пизы, похожая модернизация пока не закончена, немецко-британская же антенна GEO600 под Ганновером не модернизирована, и особых надежд поймать на ней какой-либо сигнал нет.

Техник, назовем его Билл, разглядывает полученные при калибровке луизианской антенны данные. «Глянь-ка, что за чертовщина?» — обращается он к коллеге с условным именем Джон. «Слушай, да это же небось сигнал!» — отвечает тот. «А может, какой-то глюк. Электрический, например?» — «Давай спросим, что видят в Хенфорде?»

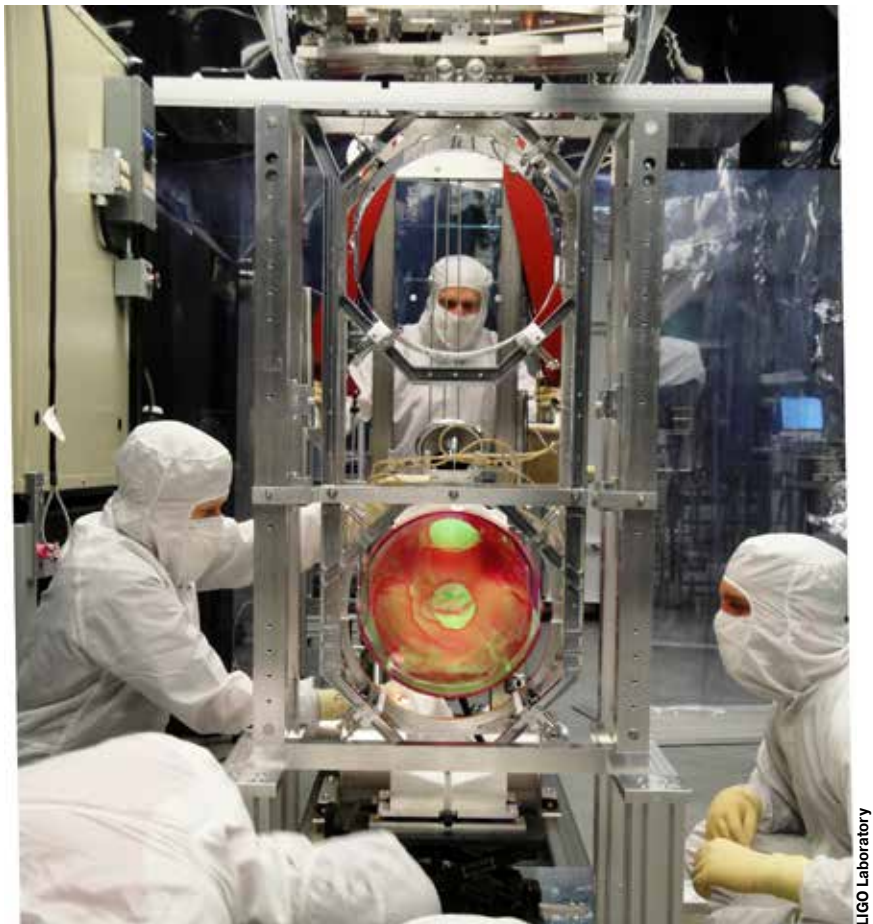
На проворде техник со второй антенны, допустим, Пол. «Что вы там увидели? Какой-то импульс? Сейчас я у нас гляну. Точно, и у нас импульс. Во сколько, говорите, он у вас появился? А у нас на семь миллисекунд позже. Так это, стало быть, СИГНАЛ!»

Примерно вот так 14 сентября 2015 года в 5:51 утра по летнему среднеамериканскому восточному времени во время технического прогона оборудования перед вводом реконструированной установки в эксплуатацию было экспериментально доказано существование гравитационных волн, предсказанных Альбертом Эйнштейном более ста лет тому назад.

Конечно, этот воображаемый разговор — просто шутка, на самом деле все было не так. Результаты измерений поступают в компьютерный центр, где из них в ходе длительных расчетов извлекают полезные данные, и занимаются этим совсем не те люди, что настраивают аппаратуру. Однако что-то в этом роде кто-то наверняка сказал, когда было замечено сходство двух импульсов на антеннах, разделенных тремя тысячами километров. С этого момента — фиксации долгожданного результата — начала свой отсчет история гравитационной астрономии.

Импульс, о котором идет речь, — это дошедший до Земли след слияния двух черных дыр где-то в глубине Вселенной. Но откуда известно, что физики получили именно ожидаемый много лет сигнал и именно от события такого типа, если разглядеть слияние черных дыр в оптический телескоп нет никакой возможности? Чтобы ответить на это вопрос, поговорим о гравитационных волнах.

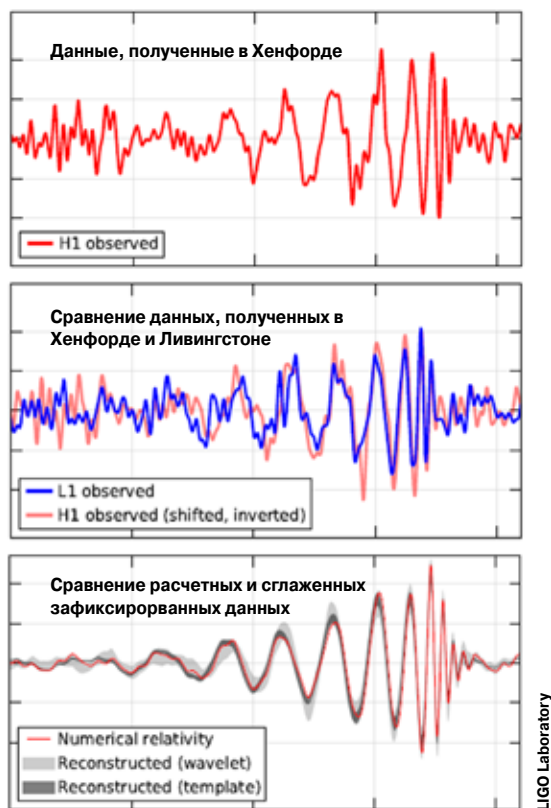
В соответствии с теорией Эйнштейна, материя — не важно, в виде обладающего массой вещества или энергии — де-



LIGO Laboratory

формирует пространство-время. Взаимодействие полей деформации от двух материальных тел обеспечивает их притяжение. Обычно область деформации перемещается вместе с телом, подобно его тени. Однако есть обстоятельства, когда деформация отрывается от породившего ее тела и убегает от него прочь в виде волны. Для этого всего лишь требуется, чтобы тело двигалось ускоренно. Гравитационное взаимодействие очень слабое, поэтому мы не чувствуем гравитационных волн, которые сами постоянно излучаем и которые непрерывно сквозь нас проходят, порождаемые движениями как различных предметов, окружающих нас, так и небесных тел.

Но есть уникальные события, при которых сила гравитационных волн становится ощутимой. Первое по мощности среди них — слияние черных дыр. Когда две дыры так сближаются, что гравитация подавляет их кинетическую энергию и заставляет вращаться друг вокруг друга, получается устойчивая пара. Ее судьба предрешена: круговое движение ускоренное — дыры испускают гравитационные волны, теряя энергию движения; расстояние между ними сокращается. Проходят тысячелетия, и вот две дыры оказались на критически близком расстоянии для того, чтобы слиться в одну. Они устремляются друг к другу с субсветовой скоростью — и в несколько мгновений исчезают. Эта катастрофа порождает огромную гравитационную волну. Например, если сливаются дыры массой в несколько солнечных масс, ее энергия будет сопоставима с массой



Сигналы, полученные антеннами на разных краях североамериканского континента, оказались практически идентичными и совпали с расчетным спектром для слияния двух черных дыр.

Солнца, умноженной на квадрат скорости света (вспомним Эйнштейна). Для сравнения: превращение в энергию по этой формуле одного килограмма вещества дает столько же энергии, сколько взрыв бомбы в три десятка мегатонн тротилового эквивалента. А масса Солнца на 30 порядков больше! Столь сильную волну можно попытаться поймать, даже будучи за миллионы световых лет от источника.

Другое подходящее событие — слияние нейтронных звезд. Это также монолитные объекты, обладающие колоссальной гравитацией при ничтожном размере, но энергия порождаемой при этом волны несколько меньше. Исследователи надеются разглядеть и волны, порождаемые сверхновыми, и стохастические волны фона, и некоторые другие.

Главное же в том, что профиль волн для каждого типа события прекрасно известен и многократно рассчитан. Поэтому исследователи гравитационных волн, получив подо-

зрительный сигнал, отличающийся от эффектов известных земных событий, например сейсмических волн, сравнивают его профиль с расчетным профилем — шаблоном и узнают, какое именно событие породило сигнал. Именно так, сравнением с шаблоном, и определили, что 14 сентября в 5:51 утра по среднеамериканскому времени на антеннах LIGO была зафиксирована волна от слияния дыры массой в 36 масс Солнца с дырой в 24 массы Солнца. При этом выделилась энергия, сопоставимая с тремя массами Солнца. Случилось это очень далеко — на расстоянии в 1,3 млрд световых лет от Земли, фактически на пороге чувствительности модернизированной антенны.

Благодаря тому, что сигнал поймали две антенны, причем с некоторым разбросом по времени, удалось определить направление на источник сигнала — он находится в Южном полушарии. Точнее определить нельзя, для этого нужна третья антенна, но, как мы уже говорили, итальянская антенна была закрыта на ремонт. Исследователям повезло — волна шла очень хорошо, сигнал был отлично виден на обеих антеннах. Если бы он шел стороной и затронул одну антенну, были бы трудности: в физике событие считается состоявшимся, если оно подтверждено еще как минимум одним экспериментом. Одна антенна дала бы лишь основание для размышлений, пришлось бы считать вероятность, что это не случайный импульс, а именно тот сигнал, которого ждали полтора десятка лет. Здесь же все формальные требования техники эксперимента были соблюдены.

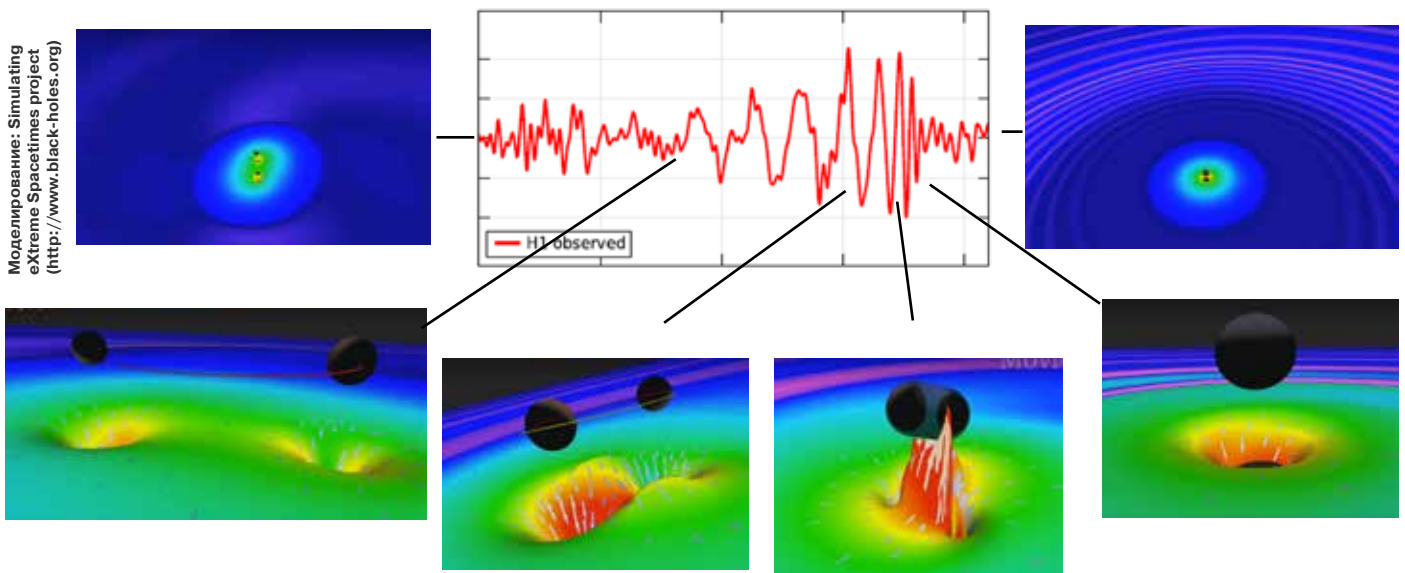
После такого незапланированного успеха — сигнала, полученного еще до начала регулярных наблюдений, — началась настоящая работа: первая серия наблюдений длилась с сентября по январь 2015 года. Сейчас идет обработка данных, и результаты скоро, видимо, станут известны общественности.

Что могут дать наблюдения за гравитационными волнами? Фактически открывается новая область астрономии. С помощью гравитационного телескопа можно попытаться заглянуть туда, где не видно света, например внутрь черной дыры, а там нас ждет какая-то другая физика — та, что у нас есть сейчас, дает совершенно нефизическое решение в виде сингулярности, то есть обращения параметров объекта в ноль или бесконечность. Слияние нейтронных звезд, падение звезды в дыру — все это мы теперь сможем наблюдать. Гравитационные волны легко проходят сквозь материю, и с их помощью удастся заглянуть в области, закрытые от нас скоплением межзвездного вещества. И главное — человек получает инструмент для изучения устройства самого пространства-времени, инструмент, которого до сих пор не было. Кто знает, может быть, именно этот инструмент откроет путь к тому, о чем мечтало не одно поколение фантастов и их читателей, — созданию гиперпространственных переходов, обеспечивающих быстрое перемещение на большие расстояния.

В СССР первые сообщения о возможности детектирования гравитационных волн появились в конце 50-х годов. Так, в «Журнале экспериментальной и теоретической физики» в 1960 году вышла статья В.Б. Брагинского с коллегами из МГУ

**LIGO**, Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (Обсерватория гравитационных волн с лазерным интерферометром), управляется консорциумом из Калифорнийского и Массачусетского технологических институтов при финансировании Национального научного фонда США, а также при участии британского Совета по науке и технологии, немецкого Общества Макса Планка и австралийского исследовательского совета. Переговоры о финансировании инициаторы проекта Кип Торн, Рональд Древер и Райнер Вайс вели с 1992 году, выделено оно было в 1994-м. Это один из крупнейших по затратам проектов фонда. Антенну построили в 2000 году, первые систематические наблюдения начались в 2002 году, в 2007-м антенна была модернизирована в первый раз, в 2010-м началась вторая модернизация, которая и привела к успешному наблюдению в сентябре 2015 года. Сейчас в работе обсерватории участвует более 1000 человек из 83 организаций 15 стран мира.

Моделирование: Simulating extreme Spacetimes project (http://www.black-holes.org)



*Моделирование позволило определить, какой этап в эволюции системы из двух черных дыр порождает тот или иной участок пакета гравитационных волн. Сначала идут слабые, неотличимые от фона, волны от вращения черных дыр. По мере их сближения увеличивается как деформация пространства, так и амплитуда волн. В момент слияния энергия выплескивается, порождая максимум волны. Затем все затухает и большие волны от этого источника не будет*

им. М.В.Ломоносова о возможности измерения в лабораторном эксперименте скорости распространения гравитационных волн с помощью твердотельных детекторов. Именно Брагинский, ныне член-корреспондент РАН, стал главным инициатором отечественных исследований гравитационных волн и создателем соответствующей отечественной научной школы. В 1963 году он оценил, что при тогдашнем оборудовании можно фиксировать вызванные прохождением волн смещения порядка  $10^{-17}$  метра. В том же 1963 году В.И.Пустовойт и М.Е.Герценштейн из ФИАна им. П.Н.Лебедева АН СССР предположили, что лучше всего для детектирования гравитационных волн подойдут оптические резонаторы. Напомним, что к тому времени американец Джозеф Вебер уже ставил свои опыты с резонаторами в виде огромных алюминиевых цилиндров. Опыты оказались неудачными: в 70-х годах исследователи предположили, что фиксируемые ими волны

не имеют никакого отношения к гравитационным волнам космического происхождения. Неудача Вебера на полтора десятилетия отвлекла внимание от этой проблемы. Новый всплеск интереса к гравитационным волнам возник в середине 80-х годов, а антенны LIGO начали строить в 1994 году.

К сожалению, из-за непростого положения в нашей науке, сложившегося к концу 80-х годов, создать собственную высокочувствительную гравитационную антенну отечественным исследователям не удалось. Однако их опыт и знания пригодились при создании аппаратуры для международных проектов, в частности при совершенствовании антенн LIGO.

Современные гравитационные антенны используют принцип интерферометра Майкельсона — того самого, которым хотели измерить эфирный ветер: луч лазера разделяется на два луча, которые расходятся в перпендикулярных направлениях. Там каждый луч проходит систему из двух зеркал и возвращается к детектору. Расстояние между зеркалами в антеннах LIGO — четыре километра. На детекторе при сложении лучей возникает интерференционная картинка, которая меняется при изменении длины пути луча. Она может измениться из-за множества причин. Ищут же последствия одной — деформации пространства-времени в области

## Пределы измерений

Модернизация антенны LIGO повысила чувствительность в десять раз, что увеличило число регистрируемых событий в 3000 раз. И сразу после модернизации было зафиксировано событие, произошедшее очень далеко. Вглядимся в масштаб Вселенной. Галактика Млечный Путь имеет диаметр 100 тысяч световых лет и толщину 3 тысяч световых лет. По оценкам, в ней содержатся сотни миллионов черных дыр звездной массы. Слияние таких дыр и зафиксировали, согласно сравнению с расчетным шаблоном, антенны LIGO 14 сентября. Расстояние до соседней галактики — туманности Андромеды — 3,6 млн. световых лет, до спутников — Магеллановых Облаков — 160 тысяч световых лет. Событие же произошло на расстоянии в 1,3 млрд световых лет, в сотни раз большем, чем расстояние

между галактиками. При этом амплитуда гравитационной волны обратно пропорциональна расстоянию до источника. Значит, от источника, скажем, в туманности Андромеды амплитуда была бы в 400 раз больше, а если бы событие случилось в Млечном Пути — то и вовсе в 15 тысяч раз. То есть даже до модернизации антенна LIGO должна была многократно фиксировать слияния черных дыр в Млечном Пути и галактиках локального скопления. А она не фиксировала. Видимо исследователям из группы LIGO просто улыбнулась удача. Именно так считает астрофизик из Северо-западного университета США Василики Калогера, занимающаяся компактными объектами — черными дырами, нейтронными звездами, белыми карликами: «Слияния черных дыр редки, именно поэтому наш детектор должен быть доста-

точно чувствительным, чтобы достигнуть больших расстояний и, соответственно, большого объема пространства — это увеличивает шанс заметить явление. А сильный сигнал из Галактики можно ждать десятилетиями, если не больше». Кроме того, в предыдущие годы антенна работала отнюдь не на пределе своей точности и реально она вышла на предполагаемый режим лишь непосредственно перед последней модернизацией. Проектная же чувствительность ожидается к 2021 году. Есть и еще одно обстоятельство: частота волны. Сначала рабочая частота антенны была в районе 100 Гц, а теперь покрывает диапазон 50—1000 Гц. Даже если рядом случится событие, которое породит волны с частотой за пределами этого интервала, то сколь бы мощным оно ни было, антенна его пропустит.



КАЛЬКУЛЯТОР

между зеркалами, причем искомое изменение расстояния очень мало: на антенне LIGO оно составляет  $10^{-21}$  метра! Это все равно что зафиксировать смещение яблока на диаметр одного атома. Такую точность обеспечивает максимальное устранение помех. А мешает измерениям все — сейсмические волны, тепловое расширение-сжатие, колебания зеркал, висящих на подвесах, флуктуации давления света, электростатические заряды и многое другое.

Для уменьшения шумов нужно было решить множество материаловедческих задач, в чем и приняли участие исследователи из МГУ под руководством профессора физического факультета В.В. Митрофанова, возглавляющего российскую группу в коллаборации LIGO. Например, именно они доказали, что если сменить стальные нити подвеса зеркал на сделанные из плавленного кварца, то шум от них существенно уменьшится; с ними время затухания колебаний достигло пяти лет! Детальный расчет электростатических зарядов на поверхности зеркал позволил оптимизировать их конструкцию, а открытие нового класса фундаментальных термодинамических флуктуаций — существенно изменить всю оптическую конфигурацию антенны.

Подобные усовершенствования значительно увеличили чувствительность антенн. После реконструкции зеркала потяжелели в четыре раза — до 40 кг, диаметр вырос с 25 до 34 см, стало возможным использовать лазер с мощностью в двадцать раз больше прежней (200 Вт вместо 10), сейсмический шум стал пренебрежимо мал, а порог по частоте снизился с 40 до 10 Гц. В общем, число возможных событий, которые теперь способна зафиксировать антенна, выросло в 3000 раз.



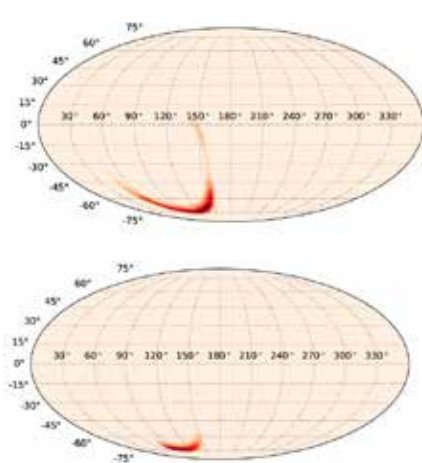
СОБЫТИЕ

С первой фиксацией гравитационных волн работы по совершенствованию антенн не заканчиваются, а, наоборот, получают новый импульс, поскольку теперь понятно, к чему нужно стремиться. В настоящее время идет подготовка к созданию третьей антенны LIGO — в Индии, а в Камиоке, где уже находятся детекторы нейтрино, строят японскую антенну, в космосе же планируется развернуть орбитальную обсерваторию LISA. Во всех этих проектах технические хитрости, обеспечившие нынешний успех антеннам LIGO, будут не только использованы, но и приумножены.



## Направление на юг

Двумя антеннами можно определить лишь приблизительное направление на сигнал. А нет ли третьего прибора, который поможет в этом деле? Как оказалось, такой прибор имеется. Это орбитальная рентгеновская обсерватория «Fermi», которая следит за гамма-всплесками. После получения информации о гравитационном событии работающие на ней астрономы решили проверить, не проявилось ли оно на рентгеновском излучении Вселенной. И точно, в Южном полушарии небесной сферы был обнаружен слабый рентгеновский сигнал, появившийся спустя 0,4 секунды после гравитационного события и продолжавшийся около секунды. Спектр излучения захватил область от 50 до 980 кэВ ([http://gammaray.nsstc.nasa.gov/gbm/publications/preprints/gbm\\_ligo\\_preprint.pdf](http://gammaray.nsstc.nasa.gov/gbm/publications/preprints/gbm_ligo_preprint.pdf)). Накануне события и после него в этой области небесной сферы никаких источников рентгеновских лучей не было зафиксировано, что дало основание предположить: всплеск, возможно, порожден последствиями катастрофического слияния черных дыр. Действительно, гравитационная волна обладает колоссальной плотностью энергии, которая постепенно падает по мере удаления волны от источника. Если она,



Исходная область (а) расположения источника гравитационного сигнала на небесной сфере существенно сократилась (б) после прибавления данных обсерватории «Fermi» (V. Connaughton et al. Fermi GBM Observations of LIGO Gravitational Wave Event GW150914. Препринт НАСА)

еще не растеряв энергии, столкнется, например, с облаком межзвездного газа, его частицы вполне смогут приобрести достаточное ускорение для излучения рентгена. Совмещение карт позволило на 90% сократить область возможного нахождения источника гравитационного сигнала.

Впрочем, есть ненулевая вероятность, что сигнал шел от Земли. Дело в том, что у обсерватории невысокое пространственное разрешение и положение источника сигнала определяют расчетным

путем. Такой расчет дает наибольшую вероятность источника сигнала именно в направлении на планету, а не от нее. Исследователи, впрочем, такую версию отвергают, ведь на Земле рентгеновское и гамма-излучение такой мощности если и появляются, то во время сильных грозных разрядов. А в найденной области никаких гроз в тот момент не было.

Единственное мощное событие в Южном полушарии примерно в это время — землетрясение магнитудой 8,3 балла у берегов Чили. Оно произошло спустя два дня, 16 сентября 2015 года, в 22:54 по Гринвичу в 229 км на север от Сантьяго-де-Чили (точные координаты:  $31^{\circ}34'12''$  южной широты,  $71^{\circ}39'14,4''$  западной долготы). Но вряд ли обсерватория «Fermi» могла заметить какой-то предвестник землетрясения. Обычно таким предвестником бывает эмиссия нейтронов, а электромагнитное излучение не пробьется сквозь толщу горных пород: очаг землетрясения лежал на глубине 25 км. Впрочем, желающие могут произвести необходимые расчеты для совмещения приводимой карты небесной сферы с глобусом на момент события.

Как бы то ни было, прибавление данных о рентгеновском излучении позволяет существенно уменьшить область, из которой пришел сигнал, и есть мнение, что сочетание двух методов существенно облегчит жизнь исследователям гравитационных волн.



# Полет Нибиру

Кандидат физико-математических наук

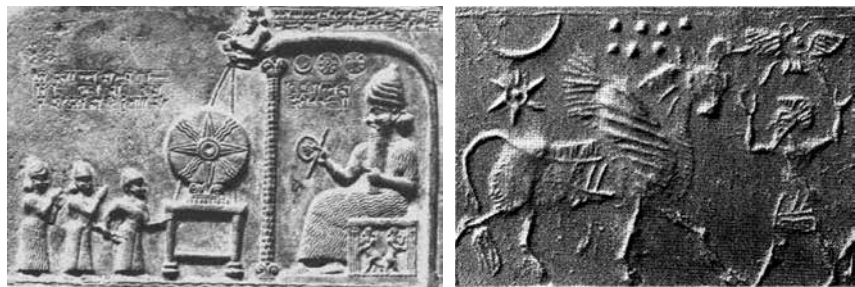
**С.М. Комаров**

*В Солнечной системе есть по крайней мере одна до сих пор не известная нам крупная планета, обращающаяся по сильно вытянутой орбите. Это практически доказали Майкл Браун и Константин Батыгин из Калифорнийского технологического института — их статья о новой планете вышла в январе 2016 года («The Astronomical Journal», 2016, 151, 2, 22; doi: 10.3847/0004-6256/151/2/22; arXiv: 1601.05438v1). Некоторые энтузиасты поспешили заявить, что это и есть гипотетическая планета Нибиру.*

Тайна планеты Нибиру волнует человечество не один год. Источником информации о ней служат прежде всего сказание шумеров, зафиксированное на их глиняных табличках и печатах, а также ветхозаветные тексты. Захария Ситчин, американский писатель, родившийся в Баку, изучил эти тексты и пришел к выводу, что раз в 3600 лет блуждающая планета, появляясь из глубин космоса, подлетает к Земле (по крайней мере, до пояса астероидов между Марсом и Юпитером) и обитающий на ней народ исполинов-аннунаков осуществляет экспедицию посещения и способствуют развитию человеческой цивилизации. Астрономы этой планеты в телескопы не видывали, что позволяет энтузиастам предполагать у нее крайне вытянутую эллиптическую орбиту с афелием (самой дальней от Солнца точкой) в 250 астрономических единиц. (Напомним, что астрономическая единица, а. е., — это радиус орбиты Земли.)

Критики гипотезы Ситчина отмечают, в частности: орбита такой планеты, если она существует, должна быть весьма неустойчивой из-за действия других крупных планет Солнечной системы, сквозь орбиты которых она пролетает. И это при условии, что за миллион с лишним проходов внутрь Солнечной системы Нибиру ни разу ни с чем не столкнулась — иначе гипотетическим аннунакам было бы не до визитов к землянам. Ситчин, впрочем, полагает, что одно такое столкновение было — из-за него наша система потеряла планету Фаэтон. Историки же отмечают, что шумерские тексты Ситчин читал неверно, нет там никакой Нибиру, а есть Мардук, он же Юпитер. А на шумерской печати (см. фото), где якобы вокруг Солнца изображено 12 планет, все совершенно не так — не Солнце это, а какая-то другая звезда, и вокруг нее не планеты, а некое созвездие. В доказательство приводят фото другой печати, где аналогично представлено созвездие Плеяд. Тем не менее охота на Нибиру продолжается.

Современный период поиска новых планет Солнечной системы связан с открытием в 1781 году Уильямом Гершелем седьмой планеты — Урана. Его орбиту сразу же вычислил Пьер-Симон Лаплас, однако к 1834 году стало ясно, что расчет неверен. В 1843 году англичанин Джон Коуч Адамс, а в 1846 году француз Урбен Лаверье предположили, что есть еще одна, восьмая, крупная планета. И точно, вскоре почти там, где указал Лаверье, был обнаружен Нептун. Но и его орбита оказалась не такой, как надо. Американец Персиваль Лоуэлл провел новый расчет и решил, что есть девятая планета, которую начал искать в своей обсерватории. Считается, что Лоуэлл



*На шумерской печати слева показано типичное изображение Солнца. Тогда на печати справа показаны не Луна и Солнце, а какая-то звезда. Еще правее находится звездное скопление Плеяды.*

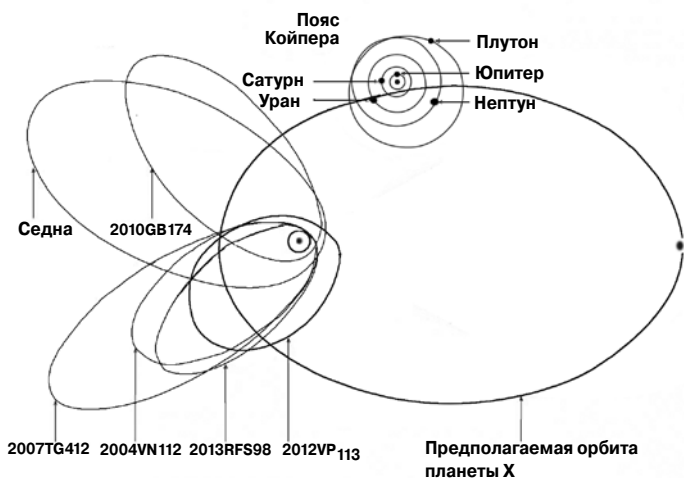
видел ее в телескоп, но не опознал. Уже после его смерти специально нанятый в обсерваторию канзасский фермер Клайд Томбо стал проводить наблюдения, сравнивать получаемые фотопластины и нашел-таки двигающийся объект примерно там, где его предсказал Лоуэлл, — это был Плутон. Однако дальнейшие наблюдения показали, что параметры Плутона не совсем такие, как у Лоуэлла, поэтому сегодня считается, что на кончике пера был открыт только Нептун, но не Плутон.

Загадка аномалий в поведении Нептуна разрешилась уже в конце XX века, когда в 1989 году пролетевший неподалеку «Вояджер-2» уточнил массу планеты: теперь движение Нептуна соответствует решениям небесной механики. Это обстоятельство на некоторое время приостановило поиск других массивных планет Солнечной системы, тем более что Плутон на большую планету не тянул и в конце концов оказался в числе малых планет.

Однако тайна Нибиру продолжает волновать профессиональных астрономов, не говоря уже об энтузиастах. Авторы маргинальных теорий любят трактовать малопонятные древние тексты, выискивая в них следы больших катастроф и пытаясь связать их с появлением таинственной странницы из глубин космоса. В самом деле, пролет рядом с Землей объекта массой с Нептун, а еще хуже — коричневого карлика массой с десяток юпитерианских, повлек бы за собой катастрофу вроде поворота земной оси, перемещения Луны, приливной волны, а то и проскальзывания коры относительно мантии планеты. Это не говоря о метеоритной или кометной бомбардировке — у блуждающей планеты может быть свита из спутников, может она и дестабилизировать орбиты малых тел того же пояса астероидов. В общем, идеологическое основание для продолжения поисков имеется. А вот с научно-экспериментальным долгое время были трудности. Более того, обзоры неба современными орбитальными обсерваториями исключили к 2014 году существование тела массой с Юпитер на расстоянии менее 26 000 а. е., а массой с Сатурн — менее 10 000 а. е. от Солнца. Будь они там, их обязательно бы увидели.

Но вот астрономы начали открывать новые, транснептуновые объекты, и категорическое утверждение «в Солнечной системе восемь больших планет и ничего более» стало терять силу.

Первым таким объектом была Седна. Ее нашла группа американских астрономов под руководством Майкла Брауна — того самого, который добился «разжалования» Плутона. Она сразу же привлекла внимание астрономов, поскольку обращается вокруг Солнца по сильно вытянутой орбите — с перигелием 76 и афелием 1006 а. е. Причем орбита наклонена к плоскости эклиптики (экватору Солнечной системы) на 11°. В 2014 году оказалось, что Седна не уникальна — у малой планеты 2012VP<sub>113</sub>, найденной Чедвиком Трухильо из обсерватории Джемини и Скоттом Шеппардом из Института науки Карнеги, орбита столь же вытянутая: 80,1/446 а. е. при наклоне 24°. Вспомнив, что одна аномалия — случайность, а две — тенденция, астрономы решили: найдены объекты нового класса, представителя внутреннего края гипотетического облака Оорта, начинающегося с расстояния 50 а. е., и стали проводить расчеты.



ности ради заметим, что в статистике де ла Фуэнте Маркосов наблюдается еще одна область падения численности — в районе 410—430 а. е. О присутствии там еще одной планеты они, впрочем, не упоминают.

Подобные спекуляции, не подкрепленные серьезным расчетом, раззадорили первооткрывателя Седны Брауна, который с помощью российского коллеги Константина Батыгина занялся расчетами, чтобы (как они сами признаются) доказать: никакой такой новой планеты нет. Однако, уже приглядевшись к параметрам орбит, они определили — движения шести из тринадцати избранных мало зависят от влияния Нептуна и, стало быть, вызваны каким-то другим фактором. У этой подгруппы разброс аргумента перигелия оказался гораздо меньше —  $318 \pm 8^\circ$ , то есть их перигелии лежат слегка под эклиптикой. У этих же шести объектов и орбиты наклонены примерно на один и тот же угол, то есть движутся они по параллельным плоскостям. Шесть штук — конечно, небольшая статистика, но все равно требуется объяснение.

Стали строить математические модели. Несмотря на сильные упрощения (например, всё, что до Урана, представили единым монолитом соответствующей массы), расчеты были долгими, длились неделями, при этом изучили влияние на орбиты такой планеты, которая имела афелий в интервале 200—2000 а. е., а массу — до десяти солнечных. Оказалось, что первоначальный скепсис был неуместен: крупная планета, обращающаяся по крайне вытянутой орбите, действительно может обеспечить требуемое упорядочение орбит малых планет. При этом, вопреки здравому смыслу, ее афелий должен лежать с противоположной стороны от Солнца по сравнению с афелиями «пасомых» планет, то есть она их орбиты не вытягивает к себе, а как будто отталкивает. С этим делом успешно справлялась как планета, обращающаяся в плоскости эклиптики, так и под углом к ней, только в последнем случае ее масса должна быть не в десять, а в несколько десятков раз больше, чем у Земли. При массе, равной или меньшей земной, никакого упорядочения достигнуть не удалось. Причина очевидна: малые планеты пересекают орбиту планеты-пастуха, и, если это происходит, когда та находится поблизости, гравитационное взаимодействие выполняет свое предназначение.

Был обнаружен и еще один интересный эффект: у части объектов пояса Койпера из-за такой планеты орбита должна сильно наклониться к плоскости эклиптики. Находка таких объектов подтвердила бы теорию Батыгина — Брауна.

Ну и что, это действительно Нибиру? Нет. По расчету Батыгина — Брауна, у гипотетической планеты афелий находится на расстоянии 400—1500 а. е., а перигелий — не ближе чем 200 а. е. То есть внутрь Солнечной системы она, к счастью для нас, не залетает. Период же обращения по орбите, если брать характерные для объектов Солнечной системы скорости в километры за секунду, составляет полтора десятка тысяч лет. Теперь дело за астрономами, которые должны постараться найти эту планету.

Прежде всего оказалось, что таких объектов диаметром около тысячи километров должно быть много — порядка тысячи. Просто их не видно: из-за большого расстояния заметить такую транснептуновую малую планету можно лишь в момент прохождения перигелия, а это — счастливая случайность, если вспомнить о периоде обращения в тысячи лет. Большая же их часть, очевидно, находится в области, недоступной для наблюдения имеющимися телескопами. Однако на несколько меньших расстояниях — в поясе Койпера, то есть в 30—50 а. е. от Солнца, — свой перигелий имеют несколько объектов, обращающихся по схожим вытянутым орбитам. То, что перигелий менее 50 а. е., астрономам не очень нравится: на движении этих планет сказывается влияние Нептуна, что надо учитывать при рассмотрении аномалий орбиты, поэтому их отнесли к группе транснептуновых объектов. Афелии же весьма велики, более 150 а. е., а вместе с Седной и 2013VP<sub>113</sub> в 2015 году насчитали 13 таких объектов.

Общую особенность в их движении впервые заметили еще Шеппард с Трухильо: переход из Северного полушария небесной сферы в Южное, то есть через эклиптику, происходит примерно в точке перигелия; характеризующий эту точку орбиты параметр, так называемый аргумент перигелия, оказывается в конусе от 300 до 40°. При этом точки перигелия расположены примерно в одном квадранте — между 90 и 180° (долгота на небесной сфере отсчитывается от луча, проходящего от Солнца через точку весеннего равноденствия). Кто бы мог, подобно небесному пастуху, так сгруппировать планеты? Ответ пришел к авторам работы сам собой: не иначе как тело размером с Нептун на расстоянии в те самые 250 а. е., где должен находиться афелий Нибиру. А отчего же эту крупную планету никто не видит? Оттого, что светится она слабо, а расстояние большое.

Следующими, в том же 2014 году, были братья Карлос и Рауль де ла Фуэнте Маркос из Мадридского университета («Monthly notices of the Royal Astronomical Society», 2014, 443, L59—L63; doi:10.1093/mnras/slu084). Они расширили статистику, добавив к уже замеченной дюжине еще и кометы. Анализ показал, что у этих объектов наблюдается заметное падение численности при значениях афелия в районе 200—250 а. е. Более того, это падение выглядит еще значимее, если брать только те объекты, у которых есть отмеченная Трухильо и Шеппардом особенность — перигелий находится рядом с плоскостью эклиптики. Кроме того, таких объектов, которые в районе перигелия переходят с юга на север, значительно больше, чем выполняющих обратный маневр: соответственно 18 и 4. А согласно теории Солнечной системы, таких особенностей быть не должно.

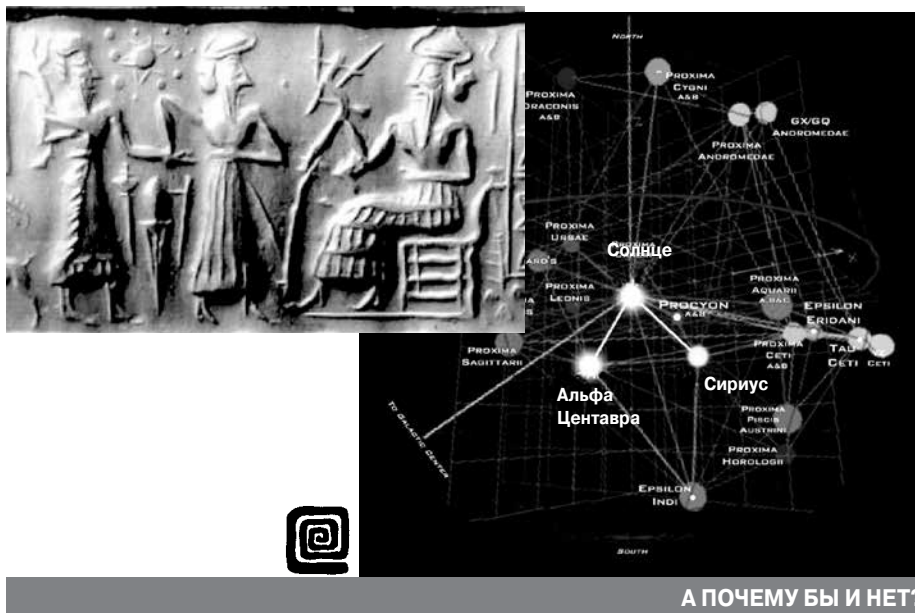
Это открытие позволило испанцам заподозрить существование уже двух крупных планет — с орбитами 203 и 265 а. е. Почему так? Во-первых, движение такой пары происходит в резонансе, а во-вторых, подобно паре Сатурн — Юпитер, она должна вычистить свое внутреннее пространство. Справедли-

# Влияние Центавра?

**Н**е успели Браун с Батыгиным своим расчетом развеять фантазии о Нибиру, как в декабре 2015 года появилось сообщение шведских астрономов, которые работают с миллиметровым телескопом ALMA Южной европейской обсерватории (arXiv: 1512.02652v1 [astro-ph.SR]). Руководитель этой группы, Рене Лизо из Чалмерского технологического университета, уже не первый год изучает ближайшую к нам звездную систему, состоящую из трех звезд: пары солнцеподобных, с давних времен носящих названия альфа Центавра (невооруженным глазом они видны как одна звезда), и красного карлика проксимы Центавра. Расстояние до нее 4,36 светового года. Одна из научных задач — отыскать планеты вокруг этих звезд с очевидной мыслью: наметить цель для первой межзвездной экспедиции; считается, что с помощью солнечного паруса можно совершить такой перелет за несколько десятилетий. Одну землеподобную планету вроде бы уже нашли, однако при внимательном рассмотрении она оказалась артефактом. Поэтому астрономы используют разные приборы в надежде заметить что-то необычное. Вот дошло дело и до телескопа ALMA, изучающего небо в субтепловых, миллиметровых лучах.

Во время съемки на частоте 872 мкм 7 июля 2014 года в районе альфы Центавра был замечен светящийся объект. Спустя почти год, 2 мая 2015 года, на частоте 740 мкм объект опять светился, но не на прежнем месте, а чуть сместившись. На этом основании Лизо с коллегами сделали вывод, что объект не может принадлежать к системе альфа Центавра, а принадлежит к Солнечной системе. По величине светимости они оценили, что если размер объекта как у Седны, то он находится на расстоянии 60 а. е., если как у Земли — то более 200 а. е. Планета Трухильо — Шеппарда на расстоянии 300 а. е. будет иметь радиус в полтора раза больше земного, а сверххолодный коричневый карлик с температурой поверхности в сотни Кельвина — на расстоянии 20 000 а. е. от Солнца.

Научное сообщество встретило публикацию без особого энтузиазма. Так, Браун спрашивает в своем твиттере: как же так получается, что объект виден лишь в двух спектральных диапазонах и



А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

больше никак и почему его вообще никто никогда не видел? Это, скорее всего, артефакт. Впрочем, на второй вопрос Лизо с коллегами отвечают в самой статье: альфа Центавра расположена в Южном полушарии под углом 43° к плоскости эклиптики. Объекты Солнечной системы столь наклоненной орбиты не имеют. Поэтому исследователи Солнечной системы в эту область неба с серьезными намерениями не глядят, а те, кто занят межзвездной астрономией, могли такой «чужой» объект и проигнорировать. Как бы то ни было, уже в январе 2016 году статью из журнала «Astronomy & Astrophysics» отозвали на доработку.

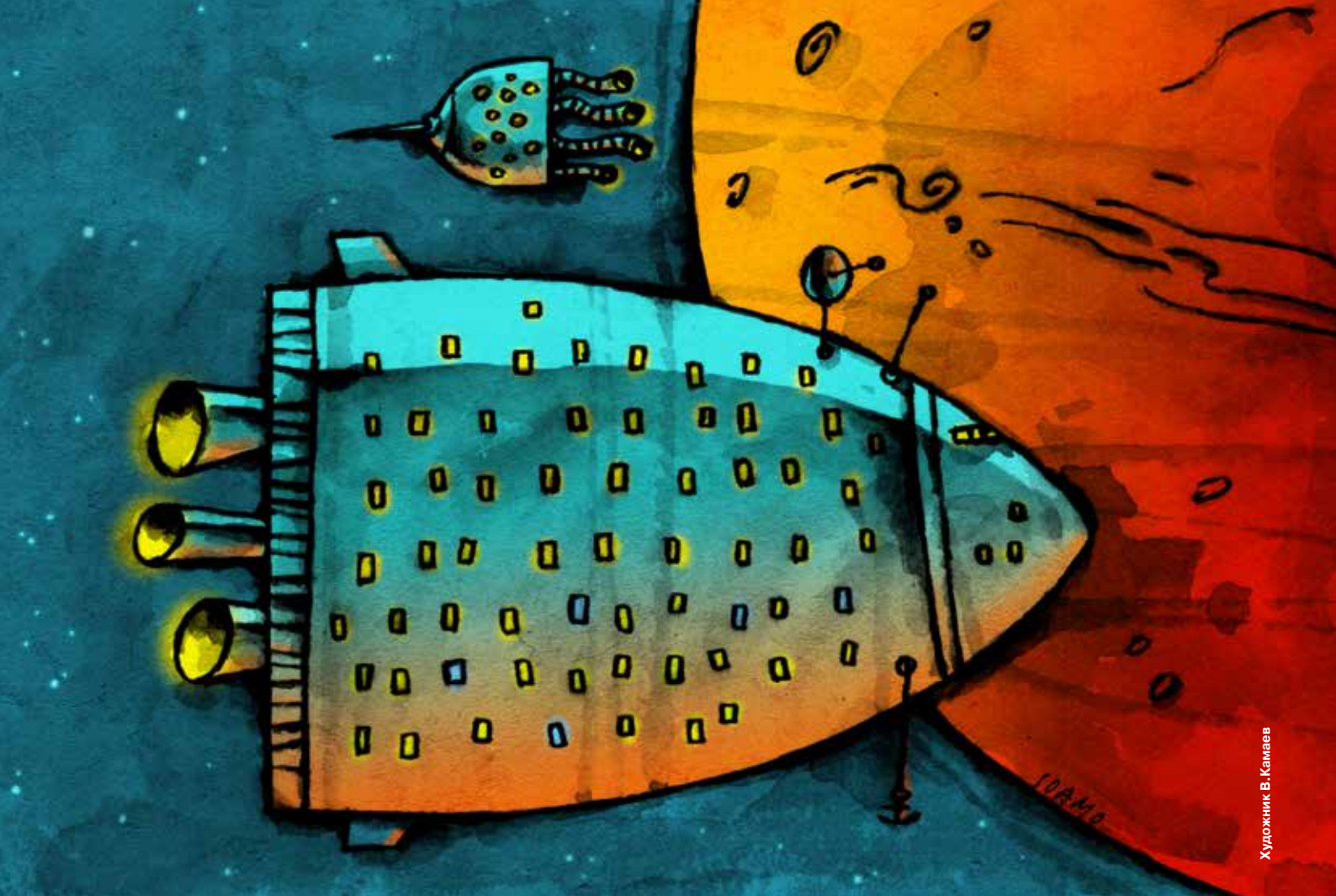
Однако именно коричневый карлик — несостоявшаяся звезда, объект, которому не хватило массы, чтобы зажечь термоядерную реакцию, — как раз и входит в число претендентов на роль Нибиру.

Приглядимся к шумерской печати, которая послужила одним из источников вдохновения для Ситчина. На самом деле там, помимо крупной звезды, изображено не 12, а 13 объектов: девять вблизи, два слегка правее, один сильно правее, напротив носа одного из стоящих людей, и еще один — существенно ниже, рядом с коленом сидящего человека. Как ни удивительно, угол между звездой и этим дальним объектом составляет на глаз 45°. На современных картах альфу Центавра изображают примерно в том же месте, только не справа, а слева; но это вопрос выбора системы координат. Тогда получается, что девять ближних планет — это известные нам плюс разрушенный Фазтон, породивший пояс астероидов, две дальние — планеты, на которые указывают де ла Фуэнте Маркосы, Трухильо — Шеппард, а может быть, и Батыгин — Браун, двенадцатая же — коричневый карлик, лежащий на полпути между Солнцем и альфой Центавра. Может ли он долететь до Солнца

за указанные Ситчиным 1800 лет (период обращения)? Если принять, что расстояние равно 20 000 а. е., или трети светового года, то скорость составит 50 км/с. Это в десять раз больше, чем характерные скорости для объектов Солнечной системы, однако вполне соответствует скоростям галактических объектов, которые оценивают в 100 км/с.

Если этот гипотетический карлик — действительно Нибиру, тогда сейчас он находится в дальней точке орбиты, предположительно, в районе афелия. Тогда прошлый раз в окрестностях Земли, то есть в перигелии, он оказывался примерно 2000 лет назад. На это время приходится два интересных явления. Первое — Вифлеемская звезда. Второе — проблемы с календарем, который были вынуждены переделывать правители в двух концах света: Гай Юлий Цезарь в Римской империи и Цинь Шихуанди в Циньской. Конечно, вполне вероятно, как пишет Светоний, во всем были виноваты недобросовестные жрецы. Однако прохождение неподалеку от Земли гигантского небесного тела могло сказаться на ее орбите, породив нестыковку в календаре. Отсчитывая далее назад, получаем четвертое тысячелетие до нашей эры — начало активного использования бронзы, восьмое тысячелетие — начало выплавки меди, основание первых городов в Анатолии, и наконец, двенадцатое тысячелетие — оледенение позднего дриаса, предположительно вызванного кометной бомбардировкой. Получается, что наблюдения за объектом Лизо, если его существование удастся подтвердить, могут дать интересную информацию к размышлению о судьбах нашей планетной системы.





Художник В. Камлев

# Баш на баш

Денис Тихий

Командир экспедиции «Надежда» недоуменно уставился на датчик кислорода и дрожащими руками снял шлем. Прохладный воздух пах близким дождем. Легкий ветер гнал красный песок мимо огромных кактусов.

— Этого просто не может быть, — прошептал Командир, вдохнув полной грудью. — На Марсе отродясь не было кислорода!

— Верно, — сказал зеленый коротышка в противогазе, вдруг оказавшийся на валуне неподалеку, — совсем до ручки дошли!

— А вы кто? — поразился Командир.

— Император Марса. Как добрались?

— Ох! Я — командир спасательной экспедиции. Ищу планету для переселения.

— А дома что не так?

— Экологическая катастрофа, — потупился Командир.

— Вот и у нас, — махнул щупальцем Император. — Такую планету прогадали! Кислородные выбросы в атмосферу, смурки передохли, зато эта погань колючая выросла! Верите ли: над Великой Пустыней дожди водяные идут!

— Теперь у нас есть надежда! — упал на колени Командир. — Костями ляжем, а перевезем сюда людей... хотя бы часть.



НАНОФАНТАСТИКА

— Тут такое дело, — сказал Император, наклонившись к Командиру и гадливо косясь на кактусы. — Если вы отдадите нам Землю, то мы вам организуем переезд. Сколько у вас углекислого газа в атмосфере? Пять процентов? Семь?

— Тридцать. Океаны радиоактивные, дожди кислотные, растения вымерли.

Император мечтательно завел шесть пар глаз и шепнул:

— Суций рай!

Земляне выходили из шаттлов и целовали песок. Многие плакали. На горизонте высились ящики: «Пизанская башня. Не кантовать!», «Кельнский собор. Хрупкое!», «ХХС. Взрывоопасно!» Император и Командир наблюдали за выгрузкой.

— Марс теперь наш дом, — хрипло сказал Командир.

— А Земля — наш.

— Если бы не ваша помощь в переселении, мы бы... Здорово у вас налажено.

— Пустяки, — ответил Император. — Вы хорошие. Без претензий. Вот когда мы на Марс с Юпитера переезжали, а прошлых марсиан перевозили на Юпитер, это была эпопея! И лун им слишком много, и магнитные полюса местами поменяй, и каналы вырой! А как каналы в метане рыть? Форменные отморозки!

И, приподняв край противогаза, Император с досадой сплюнул на песок.



«Химия и жизнь», 2016, № 3, www.hij.ru

Обещаю стать лучше



# Мусор или спортивный самолет?

Выбери на [irecycle.ru](http://irecycle.ru)

**GREENPEACE**

Обещаю стать лучше



# Мусор или куртка?

Выбери на [irecycle.ru](http://irecycle.ru)

GREENPEACE

# Железо: факты и фактики

А. Мотыляев

**Откуда взялось железо?** Этот элемент — последний, который возникает при горении вещества внутри звезд. Следующие за железом элементы получаются при взрыве сверхновых. Неудивительно, что в Солнечной системе, которая образовалась из материала, оставшегося от взрыва звезды предыдущего поколения, железа много. У железа самая низкая энергия, приходящаяся на нуклон. То есть всем остальным элементам выгодно стать железом: для более легких — в результате слияния ядер, для более тяжелых — в результате деления. Поэтому ничего, кроме железа, в нашем мире быть не должно; все элементы должны в него превратиться, однако этому мешают энергетические барьеры. Тем не менее можно себе представить звезду, целиком состоящую из железа: она могла бы образоваться из-за того, что все остальные ядра «туннелировали» в энергетически выгодное состояние без всякой ядерной реакции. Достасть небыстрого вероятностного перерождения элементов требуется огромное время, поэтому встречаются такие звезды лишь в фантастических произведениях вроде научных фантазий Фримена Дайсона или в романе Ивана Ефремова «Туманность Андромеды».

**Как железо оказалось на Земле?** Согласно современным моделям планетологии, тяжелые элементы во время дифференциации расплавленного вещества только что образовавшихся планет должны были утонуть и собраться в ядре. Геофизики так и утверждают: ядро Земли состоит из сплава железа с никелем. На поверхность же каменных планет должны были всплыть относительно легкие элементы — кремний, алюминий, кальций, натрий, калий и их тугоплавкие соединения. То железо, которое сейчас лежит на поверхности, могло либо подняться из глубин в результате вулканической деятельности, либо упасть на Землю в составе малых небесных тел — астероидов и комет.

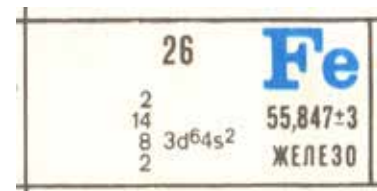
**Зачем человеку нужно железо?** Прежде всего для дыхания — железо обеспечивает активность переносчика кислорода, гемоглобина. Недостаток железа ведет к анемии, то есть снижению концентрации гемоглобина в крови.

Развиваются недомогание, слабость, утомляемость, рассеяние внимания, сердечная недостаточность. Анемии весьма распространены, особенно в странах третьего мира. Так, по данным ВОЗ, в развивающихся странах от анемии страдает 42% женщин и 48% детей в возрасте 5—14 лет, причем в половине случаев анемия вызвана недостатком железа. Общее же число таких людей — два миллиарда. Для борьбы с анемией предлагают увеличить содержание железа в пшенице и прочих зерновых за счет соответствующей генетической модификации. Препараты с железом улучшают здоровье людей, анемия которых вызвана недостатком железа. Особое дело — анемия беременных, у которых неизбежно снижается гемоглобин. Опыты показали, что если у такой женщины настоящей анемии нет, то прием витаминов, содержащих железо в разных дозах, никак не сказывается на уровне гемоглобина в организме.

**Какое пиво богато железом?** Темное — там его в полтора больше, чем в светлом, и вдвое больше, чем в безалкогольном. Причины неясны, возможно, они связаны не с составом исходных компонентов, а с особенностями технологического процесса («Journal of the Science of Food and Agriculture», 2011, 91, 6, 1142—11427; doi: 10.1002/jsfa.4298).

**Что такое запах железа?** Многие замечают, что при прикосновении к железу возникает специфический запах, а при потреблении воды с железом — еще и вкус. Оказывается, запах имеет к железу опосредованное отношение. Дело в том, что при контакте с кожей образуются ионы двухвалентного железа. Эти ионы превращаются в трехвалентное при разрушении липидных пероксидов, имеющихся на коже; их обломки и служат предшественниками молекул запаха. Аналогичная реакция идет при пролитии крови, поэтому есть предположение, что человек чувствителен к такому запаху с древнейших времен, когда нос помогал ему находить раненую добычу («Angewandte Chemie International Edition», 2006, 45, 42, 7006—7009; doi: 10.1002/anie.200602100).

**Почему железо стало главным металлом технологической цивилизации?** Этот металл распространен



на поверхности Земли, его сплавы с углеродом обладают высокой прочностью, твердостью и пластичностью, а получать его в условиях Земли не очень сложно. Главное же — в системе железо-углерод можно создать огромное число структурных состояний, речь о которых пойдет ниже.

**Как научились получать железо?** Железные руды — это оксиды. Для выплавки железа их надо восстановить. Восстановитель хорошо известен — углерод, в первую очередь пережженное дерево. Смешав уголь с размолотой рудой, поместив в специальную печь и обеспечив недостаток кислорода при нагреве, можно добиться, чтобы уголь не только горел, давая тепло, но и соединялся с кислородом руды, восстанавливая таким образом железо. Минимальная температура плавления сплава железо-углерод — 1147°C — соответствует точке эвтектики и достигается при концентрации 4,3% углерода. При другом содержании углерода (большем или меньшем) температура плавления возрастает. То есть, без горна расплавить железо не удастся. Поэтому на выходе получится результат прямого восстановления: губчатое железо, содержащее твердые включения негоревшего угля и непрореагировавшей руды — шлака. Считается, что их выбивали многократной перековкой. К счастью для древних металлургов, при таком процессе железо слабо насыщается углеродом — а именно он придает металлу прочность, то есть ковать такое железо было относительно легко.

Через некоторое время люди догадались продувать воздух сквозь печь, что повышало температуру и ускоряло реакции. Однако с учетом того, что восстановление железа углеродом — процесс экзотермический, то есть смесь разогревается сама собой, можно перейти через температуру эвтектики: железо в местах контактики с углем станет плавиться, хорошо растворяя углерод (то есть превращаться в чугуны), и соберется на дне печи. Чугун эвтектического состава очень хрупок, к ковке непригоден, в каком-то смысле это отход производства; его надо снова расплавлять, очищать от шлака и использовать для литья. Однако из жидкого чугуна можно и выжечь углерод, продувая

воздух. При этом наблюдается интересное явление. Чем ниже содержание углерода, тем выше температура плавления сплава, то есть по мере выгорания углерода, расплав начинает густеть, в нем появляются кристаллы вещества, обедненного углеродом, сам же углерод не только выжигается, но и оттесняется в остающийся расплав. Сталеваар на этом этапе опускал в ванну лом, и металлические кристаллы собирались вокруг него. Потом такой слиток весом в 30—50 кг извлекали и сразу же отправляли на ковку. Это была уже фактически сталь, и так ее плавил с XVI по XIX век.

**Где и из чего плавил первое железо?** Считается, что плавить железо научились там же, где и бронзу, — на Анатолийском нагорье, в области примерно от озера Ван до черноморского побережья Кавказа, — и было это приблизительно в XV веке до н. э. Древнегреческие источники указывают, что железо плавил халибы или скифы. Известно, что в гробнице Тутанхамона нашли 19 изделий из железа, в частности изящный кинжал, не тронутый ржавчиной. Форма кинжала была иноземной — предполагают, что она вошла в моду во время владычества гиксосов. Возможно, кинжал был сделан в державе хеттов: столетием позже именно они снабжали египтян железными изделиями. Напомним, что хетты как раз и владели тогда Анатолийским нагорьем, а тайну выделки железа держали в секрете, и не зря. Есть мнение, что именно использование стали для изготовления оружия помогло дорийцам, считавшим себя потомками Геракла, незаконно притесняемыми, разгромить микенцев — потомков его брата Эврисфея, воевавших бронзовыми мечами, а железо хранивших как сокровище.

То, что египтяне, плавившие медь и бронзу, не открыли производства железа — удивительно, ведь железосодержащие пески находились у них в буквальном смысле слова под ногами. Халибы же, видимо, открыли такую способность причерноморских песков. Считается, что они вымывали из песка тяжелые частицы магнетита, гематита и ильменита, а затем восстанавливали железо углеродом. Поскольку ильменит содержит титан, у них могло получаться легированное железо — между прочим, греки утверждали, что халибское железо не ржавеет.

В Европе и на Руси источником железа служила болотная руда, залежи которой возникли благодаря способности гуминовых кислот образовывать растворимые соединения с железом: в болотах таких кислот очень много. При их отложении формируется желтый губчатый минерал, содержащий от 30 до 70% железа.

### Какое железо называют тамахаганэ?

Металл для изготовления самурайского оружия. Не исключено, что именно в Японии чуть ли не до наших дней сохранился тот самый способ изготовления стали из черного песка, который применяли древние халибы. Процесс выглядит так. В одноразовой печи под названием «татара» (считается, что технология была занесена на острова с континента) получают пережиганием дерева уголь. На него насыпают слой железосодержащего песка, а сверху — еще слой угля. Уголь выжигает кислород из песка, и вся смесь нагревается. Через полчаса насыпают еще песок и уголь. Загрузка печи длится три дня. Когда печь разогреется, начинают продувать воздух — видимо, для выжигания углерода или интенсификации процесса восстановления железа за счет угарного газа. По завершении процесса печь ломают и извлекают слиток весом в тонны. Его разбивают на мелкие осколки, а кузнец их сортирует по содержанию углерода, разглядывая излом: чем больше углерода, тем более хрупким был металл. Потом отобранные осколки смешивают в установившейся традиции пропорции и многократно проковывают. Получают сталечугунный композит из твердых и мягких участков: первые обеспечивают мечу прочность, а вторые погасят напряжения и замедлят разрушение.

### Что такое метеоритное железо?

Видимо, это первое железо, с которым имел дело человек и из которого сделали первые украшения и инструменты. Железно-никелевые метеориты есть в поясе астероидов (не исключено, что это осколки ядра гипотетической планеты Фаэтон), и время от времени они падают на Землю. Так, Сихотэ-Алинский метеорит 1947 года фактически пролился железным дождем: в месте его падения нашли множество — более 3500 — обломков общей массой 27 тонн. Размер многих обломков не более нескольких сантиметров. Такие осколки действительно можно расковать в те же наконечники для стрел: метеоритное железо не содержит углерода, а значит, оно весьма пластично. Однако неясно, как, пользуясь лишь каменным инструментом, отколоть кусок железа от монолита в несколько центнеров или тонн. А именно такие метеориты на протяжении тысячелетий, как считается, служили источником железа, например, для инуитов Гренландии и Канады. В самом конце XIX века американские исследователи сумели выменять на ружья у гренландских инуитов остатки трех древних метеоритов, самый тяжелый — весом 28 тонн, и увезли их в музей Нью-Йорка. Общий вес найденных в Гренландии железных метеоритов составил более



ЭЛЕМЕНТ №...

58 тонн, и это лишь то, что осталось после длительного использования такого месторождения чистого металла. А упал метеорит, видимо, десять тысяч лет тому назад — подозрительно близко к предположительному кометному событию, вызвавшему оледенение позднего дриаса.

Есть мнение, что разработка аналогичного метеоритного месторождения позволила изготавливать булат — удивительную нелегированную сталь, обладающую свойствами легированной. Действительно, многократно проковывая полоски низкоуглеродного и богатого никелем метеоритного железа с высокоуглеродной сталью, можно получать интересные механические свойства. А по исчерпанию метеорита закончилась история булата. Впрочем, П.П.Аносов сумел восстановить секрет булата без всяких метеоритов (см. «Химию и жизнь», 2010, №6), но эта попытка не увенчалась полным успехом: технология оказалась слишком неустойчивой для массового производства высокопрочных изделий из нелегированной стали. Хотя для разовых целей она пригодилась. Видимо, ановская технология снова будет востребована по мере исчерпания запасов легирующих элементов.

**Как плавят железо сейчас?** В сущности, нынешний процесс принципиально не отличается от древнего. В домну — огромную башню из огнеупорного кирпича — засыпают поочередно слои мелко размолотых руды и кокса (каменного угля, из которого по мере возможности выжжены водород, сера и другие нежелательные примеси). Для кокса годится не всякий уголь — лучше всего содержащий мало минералов антрацит, недаром он столь ценен. Реакция оксида железа с углеродом экзотермическая, поэтому восстановление железа в домне идет без дополнительных затрат энергии — достаточно ее зажечь один раз. Однако если задуть домну, то получится «козел» — домну придется ломать и извлекать монолит из металла и шлака. Выплавка железа в домне — непрерывный процесс, который длится годами, пока оборудование не придет в негодность.



Фото: Андрей Константинов

*Слева: железную руду извлекают из Лебединского карьера.  
Справа: железорудные окатыши на Оскольском  
электрометаллургическом комбинате*

Из домны вытекает не чистое расплавленное железо, а чугу́н — довольно-таки концентрированный раствор углерода в железе, до 6%. Сталь же содержит мало углерода, менее 1%. Чтобы его выжечь, расплавленный чугу́н в специальных ковшах везут из доменного цеха в сталеплавильный. Там его ныне, как правило, заливают в огромный котел — бессемеровский конвертор, засыпают легирующие элементы, флюсы, добавляют, если надо, металлолом и вставляют фурму для продувки воздуха либо кислорода через расплав. Кислород окисляет углерод и все, что может окислиться, прежде всего серу, фосфор; получившиеся оксиды, будучи легче металла, образуют на поверхности слой шлака. А вот то, что окислиться не может, то есть окисляется хуже железа, останется в металле. Прежде всего это медь и сурьма — они попадают в плавку с плохо разобранным металлоломом, где есть электрические приборы. Отравление стали медью и сурьмой — серьезная проблема, ведь металлолом становится все более значимым источником металла, и, стало быть, концентрация таких

элементов в конечном продукте возрастает. Проблема эта пока не решена.

Плавка в конвертере занимает десятки минут, неудивительно, что сегодня это основной процесс. Однако обеспечить точное попадание в состав при таком быстром процессе удается не всегда. Если в состав не попали, выжигают излишний углерод и получают строительную сталь-3: в стандарте у нее предусмотрены весьма широкие пределы колебания состава. Это обосновано: на прочности и другом важном для строителей свойстве — свариваемости сказывается, главным образом, содержание углерода, а легирующие элементы сталь скорее улучшат, чем ухудшат.

Раньше применялся еще мартеновский способ, разработанный Пьером Мартеном. Чугу́н выливали в широкую кирпичную ванну и над ней продували горячие газы-восстановители. Процесс этот длительный, занимает пять—десять часов. Благодаря этому можно не торопясь добавлять легирующие элементы и получать сталь именно того состава, который нужен. Сейчас мартеновских печей в нашей стране больше нет,

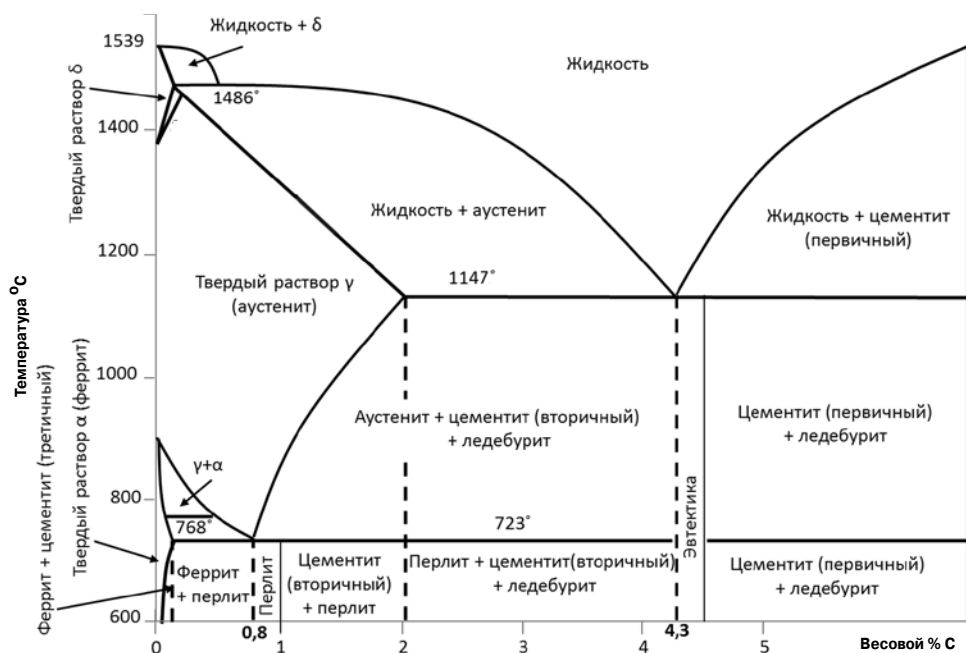
качественные стали получают электрошлаковым переплавом.

**Что такое прямое восстановление железа?** Помимо домны есть возможность и напрямую восстановить железо. Делают это не как в древности, смешивая песок с углем и нагревая в коостре, а продувая сквозь слой так называемых окатышей — рудного концентрата — газ-восстановитель (водород или угарный газ). Восстановленное твердое железо переплавляют в электропечах. Преимущество такого способа: металл не загрязняется чрезвычайно вредными примесями, содержащимися в коксе, серой и фосфором. В конце 80-х годов этот способ считался самым передовым и перспективным, в Старом Осколе был построен завод, где его применяли, причем некоторые экономисты говорили, что скоро вся черная металлургия будет основана на окатышах. После перестройки эти надежды несколько увяли, во всяком случае, другие металлургические заводы свои домны ломать не стали и на прямое восстановление не перешли. Оскольский же металл из-за своих прекрасных свойств пользуется немалым спросом.

**Зачем нужен чугу́н?** Чугу́н, то есть железо, содержащее от 2,2 до 6% углерода, — прекрасный конструкционный материал. Из него легко делать отливки, а в твердом состоянии он обладает исключительной вязкостью и твердостью — изделия из него мало подвержены износу: пилить чугу́н очень трудно. Он гасит вибрации, станины прецизионных станков делают из старого чугу́на — за несколько лет выдержки в них релаксируют термические напряжения. В то же время чугу́н хрупок: в норме углерод при затвердевании выделяется в нем в виде крупных глобул. Однако с помощью хитрых технологических приемов люди научились измельчать эти глобулы и создавать ковкий чугу́н. Из него делают, в частности, валки прокатных станов.

*Выплавленную сталь разливают сначала в ковши, а потом в установку разливки, затем придают раскаленным брускам форму*





Конструкционная сталь



Инструментальная сталь



Чугун

Именно из чугуна изготовляли рельсы для первых железных дорог — потому их и прозвали чугунками.

**Что такое сталь?** Формально — сплав системы железо-углерод с содержанием углерода от 0,06 до 2,2%. Однако фактически это огромное семейство материалов с разнообразнейшими свойствами. Причина разнообразия — игра фазовых превращений в железно-углеродной системе. Они порождают многообразные структуры из двух фаз — твердого раствора углерода в железе и карбида железа — цементита  $Fe_3C$ .

Вот как выглядят эта игра. Вначале, при высокой температуре, имеется аустенит — однородный твердый раствор в высокотемпературной модификации

железа, так называемом гамма-железе, у которого решетка граноцентрированная кубическая. Он назван в честь металлурга сэра Уильяма Робертс-Остена, который прославился изучением влияния примесей на свойства металла и изобретением приборов для изучения состава сплавов. Аустенит — пластичное вещество, не обладает магнитными свойствами и устойчив к коррозии. Если с помощью легирования расширить температурную область существования аустенита, получится нержавеющая сталь. Поскольку аустенит немагнитен, с помощью магнетика легко отличить, скажем, дорогую нержавеющую коптильню от дешевой ржавеющей.

При охлаждении аустенит начинает превращаться в феррит — раствор

углерода в низкотемпературном альфа-железе с объемно-центрированной кубической решеткой. Феррит гораздо менее пластичен, поэтому ковать сталь надо при нагреве в аустенитную область. Феррит становится магнитным при охлаждении ниже температуры Кюри (768°C). Растворимость углерода в феррите гораздо меньше, чем в аустените, так что при охлаждении последний распадается на две фазы — феррит и цементит. Тут есть нюансы. Если углерода меньше 0,8%, сначала выпадают первичные зерна феррита — они растут, как правило, на границах зерен аустенита, а по достижении критической температуры 723°C весь оставшийся аустенит становится эвтектоидом: механической смесью кристаллов феррита и цементита. При медленном охлаждении эвтектоид формирует структуру из пластинчатых колоний, где пластинки феррита перемежаются пластинками цементита. Последний назван так не зря — он придает материалу прочность, а ферритные пластинки, будучи мягче, рассеивают напряжения, мешая распространению трещин, зарождающихся в цементите. Структура с пластинчатым эвтектоидом называется перлитом — на изломе он дает перламутровый блеск.

Чем меньше толщина пластинок, тем выше прочность. Однако металл можно охладить столь быстро, что пластинки не сформируются, выйдут иголки цементита в ферритном монолите. Это называется троостит. Чем больше углерода — тем меньше феррита и больше перлита. В такой доэвтектидной области составов расположены конструкционные стали. Но если перейти за точку эвтектидного превращения, 0,8% углерода, первичными кристаллами оказывается уже твердейший цементит. Стали в этой области хрупкие, но твердые, прочные, упругие: из них делают стамески, напильники, отвертки, струны для рояля, пружины, рессоры (умельцы — и ножи из рессор), иголки и многое другое. Порой в магазине продают одноразовые отвертки или полотна для ножовок по металлу, которые стираются сразу, при первом прикосновении к шурупу или стальному уголку, — это значит, что экономные китайцы сделали их из низкоуглеродистой стали, поскольку

После обработки давлением получается готовое изделие, в данном случае прутки, который отправляют потребителям



ку инструментальная сталь все-таки предполагает не только углерод, но и некоторое легирование. К сожалению, на глаз такие стали различить невозможно. Аустенит, впрочем, можно охлаждать очень быстро, например закалять откованное изделие в воде или масле. Тогда, по достижении некоей температуры, произойдет метастабильное превращение: решетка аустенита, не расставаясь с избыточным углеродом, попытается стать решеткой феррита. Углерод в ней не помещается и как будто распирает ячейки изнутри: возникают сильные внутренние напряжения. Эта фаза называется мартенситом в честь уже упомянутого Мартена. Именно мартенсит придает высочайшую твердость закаленной стали. Если его нагреть, то система будет стремиться к равновесию: часть углерода выйдет, образовав мелкие частицы цементита, а напряжения частично снимутся: сталь потеряет в прочности, но выиграет в пластичности — это называется отпуск.

Вобщем, играя температурами, временами выдержки, скоростями охлаждения, подвергая металл деформациям в горячем состоянии, не говоря уж про добавки легирующих элементов, можно получить бесчисленное многообразие структур и соответственно комбинаций свойств, чем металлурги и занимаются уже не одно тысячелетие, сначала по наитию, а с конца XIX века — на основе научного знания.

**Что такое точки Чернова?** Это точки начала и конца фазовых превращений в стали данного состава. Формально они определяют температурные области различных термических обработок стали. Однако именно их открытие великим русским металлургом Д.К.Черновым в

1868 году положило начало научному методу в материаловедении: была построена диаграмма состояний системы железо-углерод, то есть зависимости температур фазовых превращений от состава сплава. Это как алфавит для лингвиста, таблица Д.И.Менделеева для химика или триплетный генетический код для молекулярного биолога.

**Как работает металлургическая магия?** Кузнецов с древних времен подзревали в связях с нечистой силой. На самом же деле они просто знают секреты, неизвестные непосвященным. Вот один случай из жизни. На завод привезли новую партию стали, а когда сделали детали из нее, оказалось, что их прочность недостаточна. Как быть? Браковать партию? Позвали металловеда. Он посмотрел на марочник, на химсостав, походил по двору, разглядывая небо, и сказал: «Вывезите поддон с деталями на улицу, пусть ночь там постоит». Вывезли. Утром прочность оказалась в норме.

Суть же дела была в том, что температура начала мартенситного превращения оказалась у этой партии сдвинутой вниз из-за химсостава и попала в область ниже нуля. А на дворе стояла зима, небо было ясным, и сильный мороз ночью провел то превращение, которое не хотело идти в цеху.

**Что такое сталь Гадфильда?** Это первая высокопрочная легированная сталь. Ее история и свойства удивительны. Эта высокоуглеродистая сталь содержит 13% марганца. Такая добавка противоречит здравому смыслу: при концентрации более 1% марганец охрупчивает сталь. Но потомственный металлург сэр Роберт Гадфильд (ныне принято написание Хедфилд) в 1882 году решил поэкспериментировать и достиг успеха: оказалось,

что марганец в большой концентрации стабилизирует аустенит, а тот уже сохраняет пластичность. Но это еще не все. Стабилизация оказывается неустойчивой: под нагрузкой в аустените идет мартенситное превращение! То есть упрочняется именно тот участок, где высокие напряжения, а остальная часть детали остается пластичной. Гадфильд стал членом многих научных обществ, в том числе иностранным членом АН СССР. Сталь Гадфильда сразу же начали использовать для изготовления рельсов, и сегодня из нее делают траки для танковых гусениц. Также она пригодилась при изготовлении солдатских касок в Первую мировую войну, а в США их применяли до 80-х годов. Делают из нее и тюремные решетки — очень трудно пилить сталь, которая под нагрузкой не разрушается, а упрочняется.

**Почему запрещено удобрять океан железом?** Железо способствует росту микроорганизмов, более того, считается, что именно дефицит железа лимитирует биопродуктивность Мирового океана. Поэтому программы борьбы с парниковым эффектом предлагали удобрять океан железом: разросшиеся водоросли могут прекрасно утилизировать углекислый газ из атмосферы, а сами послужат пищей для рачков и рыб. Подобные идеи не одобряют защитники природы — неизвестно, как на все это ответит океаническая экосистема. Поэтому удобрять океан запрещено. Исследователи же борются за право проводить опыты со столь необычным удобрением, чтобы узнать, есть ли основания для беспокойства.



*Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции.*

*Стоимость подписки на второе полугодие 2016 года с доставкой по РФ — 1020 рублей, при получении в редакции — 600 рублей.*

*Об электронных платежах см. [www.hij.ru](http://www.hij.ru).*

*Справки по телефону (495)722-09-46.*

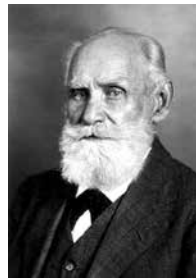
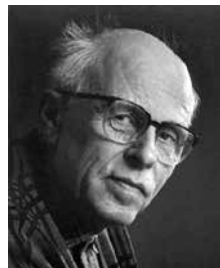
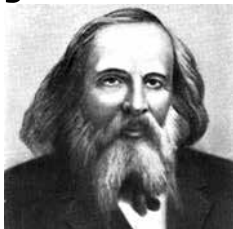
**Реквизиты:**

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,  
ИНН/КПП 7701325151/770101001 Банк: ПАО «Сбербанк», г.Москва,  
Номер счета: № 40703810938000000848, к/с 30101810400000000225, БИК 044525225  
Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»

# Гордое слово «ученый»

«Левада-Центр» опубликовал данные только что проведенного всероссийского репрезентативного опроса «**Каких наиболее выдающихся, на ваш взгляд, отечественных ученых вы можете назвать?**» Респонденты сами называли фамилии ученых, допускалось несколько вариантов ответа. Вот кого вспомнило не менее 2% респондентов.

- Д.И. Менделеев** 23
- М.В. Ломоносов** 18
- С.П. Королев** 12
- А.Д. Сахаров** 11
- И.П. Павлов** 8
- К.Э. Циолковский** 8
- И.В. Курчатов** 6
- П.Л. Капица** 5
- А.С. Попов** 5
- Ж.И. Алферов** 5
- Н.И. Пирогов** 3
- Н.И. Вавилов** 3
- А.Н. Туполев** 2
- Л.Д. Ландау** 2
- С.В. Ковалевская** 2
- И.В. Мичурин** 2
- С.Н. Федоров** 2
- И.М. Сеченов** 2
- М.Т. Калашников** 2



Нам, конечно, приятно, что Дмитрий Иванович возглавил список. Обидно, что в списке нет других химиков, однако гораздо обиднее, что россияне вообще

плохо понимают, что такое «ученый». Третий списка — изобретатели, конструкторы, врачи, организаторы, но никак не ученые.

**Л.Намер**

## Полное собрание сочинений братьев Стругацких в 33-х томах



Тома составлены по хронологически-тематическому принципу. Каждый том включает в себя художественные и публицистические произведения Стругацких, а также письма, дневники и записные книжки авторов за определенный год либо за несколько лет.

Разделы художественный и публицистический охватывают как опубликованные, канонические тексты, так и архивные, варианты, частично — публикуемые впервые. Каждый том снабжен справочным аппаратом — примечаниями и комментариями, библиографией за рассматриваемый период, указателями персоналий и заглавий произведений. Некоторые комментарии даны Борисом Стругацким.

Иллюстративный материал томов представлен фотографиями Стругацких и их рисунками из писем и рукописей. Планируемая периодичность выхода - том в месяц.

Приобрести готовые тома можно по адресу: <http://litgraf.com/eshop.html?shop=10>



# Муравьи, грызущие лед

Доктор технических наук  
**В.В. Челноков,**  
 РХТУ им. Д.И. Менделеева

## Польза от формиата

Конечно, речь пойдет не о внезапном ледниковом периоде в лесу, создавшем проблемы для муравьев, а о веществе, названном в их честь. Именно муравьиная кислота делает столь болезненным укус этого насекомого; впрочем, не только — жгучие свойства этой самой сильной из органических кислот мы ощущаем и при соприкосновении с листом крапивы. Муравьиную кислоту применяют в различных отраслях хозяйства (см. «Химию и жизнь», 1986, 8), прежде всего как консервант для силоса и сена, а также как антисептик для хирургов. Более полувека так же широко используют в медицине, строительстве, животноводстве и других отраслях соль муравьиной кислоты — формиат натрия  $\text{HCOONa}$ . Это соединение обладает всеми полезными свойствами самой кислоты, но при этом не имеет разъедающего эффекта. Полвека назад, в 1965 году, Дэвид Боез и Сеймур Борц из

Иллинойского технологического института нашли формиату натрия еще одно применение — «грызть лед» на дорогах.

Формиат натрия получать проще, чем саму кислоту, а кроме того, он образуется в качестве побочного продукта при производстве четырехатомного спирта пентаэритрита. Такой спирт идет на самые разные нужды — от изготовления взрывчатки до красок, например широко распространенных пентафталевых эмалей. Поэтому производство его — крупнотоннажное, а на тонну пентаэритрита получается почти полтонны формиата натрия.

Это отнюдь не бросовый продукт, на него претендуют многие. Например, кожевенное производство, ведь формиат натрия — одно из основных дубильных веществ. Формиаты, как и саму муравьиную кислоту, используют для консервации силоса — сочного (в отличие от сухого сена) корма для домашнего скота. Такая обработка не только подавляет гниение, но и замедляет окисление: у остатка муравьиной кислоты легко рвется связь между углеродом и водородом, то есть он служит восстановителем, помогает бороться с активными свойствами кислорода и защищать полезные вещества, например каротины. От таких кормов увеличиваются продуктивность коров, привесы телят, быстрее растут бройлеры. При этом для животных соль безвредна, конечно, если не брать ее в избытке.

## Формиат натрия снижает агрессивность воздействия на бетон противогололедных препаратов

Содержание формиата натрия в противогололедном препарате	Потеря бетона при замораживании-размораживании, г					
	5 циклов	10 циклов	15 циклов	20 циклов	30 циклов	40 циклов
Без формиата натрия	18,0	27,0	36,0	42,0	60,0	-
5% формиата натрия	13,2	18,0	24,0	30,0	42,0	60,0
10% формиата натрия	11,4	15,6	19,8	24,0	30,0	42,0
25% формиата натрия	9,6	12,6	16,2	18,0	22,8	33,6



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

### Формиат и лед

В 40-х годах XX века формиату натрия нашли еще одно применение — понижать температуру замерзания растворов: в американском патенте от 1941 года упоминается формиат в составе антифриза. Важно, что он практически не вызывает коррозии металла. В 1965 году был опубликован очередной доклад американской Национальной исследовательской программы автомагистралей (NCHRP), в котором впервые была высказана мысль, что добавка формиата натрия в смеси для борьбы с гололедом существенно снизит их разрушительное действие как на дорожное полотно, так и на металлические конструкции, например опоры мостов. Кстати говоря, стоимость ликвидации последствий коррозии двадцатикратно превышает стоимость компонентов противогололедных смесей. А значит, экономить на препаратах не следует — даже дорогая соль впоследствии окупится, если замедлится раз-

рушение дорожных конструкций.

В 1983 году компания «Dow Chemical» получила патент на состав и способ плавления замороженных водных растворов с добавкой к хлоридным солям формиата натрия в количестве от 0,5 до 16%. Так более 30 лет назад началась история использования формиата для борьбы с гололедом, сперва на аэродромах в США, потом в Канаде, Норвегии и Англии. В 1995 году широкомасштабные исследования в Осло доказали, что формиаты как антиобледенители предпочтительней хлоридов не только из-за низкой коррозионной активности, но и благодаря тому, что микроорганизмы разлагают остаток муравьиной кислоты на углекислый газ и воду в течение нескольких дней. Добавляют формиат натрия и в бетоны, с той же целью — снизить температуру, при которой бетон можно укладывать.

### Формиат и коррозия

Один из первых отечественных патентов на «средства для удаления льда на основе ацетатов и/или формиатов» был зарегистрирован в мае 1997 года. На российских дорогах новая смесь проявила себя так же, как на американских. Например, в федеральном дорожном институте «РосдорНИИ», который много лет занимается изучением противогололедных материалов, лабораторные эксперименты показали, что добавление 10—11% формиата натрия в композицию из хлоридов натрия и кальция значительно замедляет коррозию металла. Это и понятно, ведь коррозионная активность формиата натрия — 0,1 мг/(см<sup>2</sup>·сутки) — в два раза меньше, чем у чистого снега, и в восемь — чем у хлорида натрия. Именно поэтому соль муравьиной кислоты так широко используют в аэропортах на взлетно-посадочных полосах.

Еще более эффективные результаты получили в испытаниях с бетоном. Под влиянием реагентов только из хлорида натрия и кальция бетонный брусок после 20 циклов замораживания и оттаивания разрушился почти наполовину, а добавление 10%-ного формиата натрия замедлило разрушение вдвое.

Заинтересовалась формиатами и кожанно-обувная промышленность — как известно горожанам из личного опыта, первый удар от реагентов получают обувь и длинные полы одежды. Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности Министерства промышленности и торговли РФ исследовал воздействие на кожу и мех практически всех распространенных компонентов, входящих в состав противогололедных материалов.

Самыми злостными убийцами обуви оказались любимые дорожниками хлориды натрия и кальция. На мех хуже всего действуют хлориды кальция и магния (бишофит). Продолжительный контакт с их растворами не только создавал белые разводы, но и полностью деформировал образцы. А вот при контакте с формиатами ни обувь, ни меховые шкурки не пострадали. Поэтому специалисты рекомендовали сокращать долю хлоридных компонентов в составе реагентов и увеличивать содержание формиатов.



а



б

Смесь хлорида натрия и мраморной крошки уже при добавке 10% формиата натрия почти не повреждает овчину (а). А хлористый магний даже в 10%-ной концентрации сильно деформирует образец (б)

## Формиат и почва

Соль муравьиной кислоты – органическое соединение, значит, природные экосистемы должны ее утилизировать, в отличие от неорганических солей. Действительно, попадая в почву, соли муравьиной кислоты помогают ей быстрее самоочищаться. К такому выводу привели исследования Санкт-Петербургского сельскохозяйственного университета. Эксперты вносили в почвы с семенами разные дозы реагентов, в состав которых входили и хлоридные соли, и формиат натрия, а потом имитировали промывание тальмидами, как это происходит весной в природе. Формиат натрия, попадая в почву, не угнетал, а стимулировал активность полезных аэробных бактерий. Те, в свою очередь, быстрее перерабатывали все, что пришло с тальмидами: выбросы автомобилей, мазут, остатки реагентов. Почвы быстрее очищались и восстанавливались.

Лабораторные исследования подтвердились и на практике в Москве. Показателем засоленности служит так называемая величина плотного остатка. Он получается после того, как сделали водную вытяжку из почвы, а затем воду испарили, то есть характеризует содержание растворимых органических и неорганических веществ. По данным государственного природоохранного предприятия «Мосэкомониторинг», к 2010 году среднее значение этого показателя в городе возросло до 0,48% — в 20 раз выше, чем положено для незасоленных почв. Преобладают в остатке ионы хлора, натрия и кальция, причем последний лидирует с превышением фона в 11 раз. Причина в том, что в 2009—2010 годах основным средством для борьбы с гололедом был хлорид кальция.

Начиная с 2011 года арсенал московских коммунальщиков расширился. По рекомендации государственной экологиче-



*Мятлик луговой отлично прорастает в почве с реагентами, содержащими формиат натрия*

ской комиссии, дороги и тротуары стали посыпать солевыми составами с формиатами натрия. В итоге к 2014 году уровень засоления почв в Москве сократился почти в два раза: средняя величина плотного остатка упала до 0,18%, а количество незасоленных проб почв выросло с 77,3 до 88,3%. Специалисты «Мосэкомониторинга» приводят интересные факты, которые позволили им сделать вывод, что именно составы с формиатом благоприятно повлияли на состояние почвенного покрова столицы. В 2013 году они отобрали пробы на

# Распространенные антигололедные реагенты

## На основе неорганических соединений

Самый распространенный в России противогололедный материал — **пескосоляная смесь**, 95% песка и 5% технической соли марки «галит» (хлорид натрия). Основное его преимущество — низкая стоимость. Недостатки — малая эффективность, грязь, большой расход (до 400 г/м<sup>2</sup>), засорение ливневых стоков, долгий период весенней уборки, увеличение запыленности города, негативное воздействие на дыхательные пути, белые разводы на обуви, высокая стоимость весенней уборки города, подготовки и хранения материала. В семь раз меньше площадь обработки дороги одной машиной в сравнении с многокомпонентными противогололедными материалами. Косвенные расходы на очистку ливневых стоков, уборку города, восстановление зеленых насаждений в разы превышают изначальную цену материала. Стоимость от 1000 рублей за тонну.

**Техническая соль**, или хлорид натрия (чаще всего марка «галит»), плавит лед при температуре до -12°C, в три-четыре раза дешевле других химических реагентов. Недостатки: большая доля глины, песка,

примесей, иногда до 30%, так что после применения образуется грязь. Расход соли не мал, 150—200 г/м<sup>2</sup> (в зависимости от температуры воздуха и толщины льда), она засоляет почву, накапливаясь в ней. Скорость коррозии металла — 0,8 мг/см<sup>2</sup>-сутки, на обуви остаются солевые разводы. Хлорид натрия имеет третий класс опасности (умеренно опасное вещество). В три раза меньше площадь обработки дороги одной машиной в сравнении с многокомпонентными противогололедными материалами. Стоимость восстановления зеленых насаждений в несколько раз превышает цену реагента. Стоимость от 3500 рублей за тонну.

**ХКМ (хлорид кальция модифицированный)** запрещен в Москве с 2011 года. Достоинства — низкая температура плавления (-30°C). Недостатки: может обладать высокой коррозионной активностью, больше 1 мг/(см<sup>2</sup>-сутки), губителен для обуви и меха, раздражает кожу человека. Обладает высокой вязкостью, то есть покрывает дорогу маслянистой пленкой, увеличивает тормозной путь. Третий класс опасности (умеренно опасное вещество). Стоимость от 17 500 рублей за тонну. Интересно, что хлорид кальция — отход содового про-

изводства и, казалось бы, должен быть дешевым. Однако как только его стали применять для борьбы с гололедом, он тут же вырос в цене. С появлением спроса на базе содовых предприятий организовали производство реагента из хлорида кальция и каменной соли. А новый продукт — уже не отход и стоит дороже.

Теперь рассмотрим многокомпонентные реагенты. **ХКНМ — хлорид кальция и хлорид натрия модифицированные — улучшенный ХКМ**. С добавлением к хлориду кальция хлорида натрия несколько снижена вязкость реагента, но при высоком содержании кальция эффект «масляной пленки» остается. Преимущества: рабочая температура до -(20—25)°C (в зависимости от процентного соотношения), средний расход 70 г/м<sup>2</sup>. Недостатки: коррозионная активность может превышать 0,8 мг/(см<sup>2</sup>-сутки) при высоком содержании хлористого кальция; повышенное воздействие на бетоны; деформирует кожаную обувь, может вызывать местное раздражение кожи человека (при высоком содержании хлористого кальция). Третий класс опасности (умеренно опасное вещество). Стоимость от 12 000 рублей за тонну.

**ХКНж — хлорид кальция и натрия жидкий**. Тот же состав, разведенный на две трети водой. Рабочая температура до -10°C, недостатки те же, что и у твердого. Кроме того, для жидких реагентов необходимы специальные системы хранения продукта, а также цистерны для распределения по дорожному полотну. Третий класс

## Плавающая способность солей муравьиной и соляной кислоты

Название вещества	Плавающая способность (граммы снега, расплавленные одним граммом вещества)	
	при -5°C	при -10°C
Хлорид натрия	13,3	6,7
Хлорид кальция	9,0	5,7
Формиат натрия	11,5	5,7
Формиат кальция	11,5	5,7

территории Троицкого и Новомосковского административных округов (ТиНАО, территория «новой Москвы»). В этих округах на протяжении десяти лет используют смесь песка и хлорида натрия. Так вот, количество проб почвы с сильным засолением там было в 11,8 раз выше, чем в Москве: соответственно 11,8 и 1%. При этом число незасоленных проб в ТиНАО мало, всего 63%. Наблюдая за изменениями состояния окружающей среды, специалисты сделали вывод, что даже небольшое, в пределах 10%, добавление соли муравьиной кислоты в реагенты снижает засоленность.

При всех своих достоинствах формиаты в качестве противогололедных реагентов не уступают хлоридам натрия и кальция по способности плавить лед. Согласно исследованиям Всероссийского института авиационных материалов, проведенным в 2010 году, температура эвтектики «соль—лед» (точка, при которой смесь этих веществ начинает кристаллизоваться, а по сути — самая низкая температура, при которой имеет смысл использовать данное вещество для плавления

льда) для формиата натрия составила  $-17^{\circ}\text{C}$ , а для формиата калия  $-55^{\circ}\text{C}$ . По плавающей способности (количеству снега, растопленного одним граммом вещества) формиаты также не уступают хлориду натрия и кальция.

Итак, частичная замена в противогололедных материалах хлоридов на соли муравьиной кислоты, с одной стороны, обеспечивает реагенту сопоставимые технологические характеристики, с другой — существенно снижает отрицательные последствия солевой борьбы со льдом: коррозию металла и бетона, разрушение обуви, воздействие на почву. Главная проблема в том, что формиат натрия в десять раз дороже хлорида натрия. Однако затраты окупятся более продолжительной службой дорог, автомобилей, обуви, здоровьем людей и растений. Это нужно учитывать руководителям, которые отвечают за зимний порядок в городах и на трассах.

опасности (умеренно опасное вещество). Стоимость 4300 рублей за тонну.

**Многокомпонентный твердый реагент** на основе хлоридов натрия, калия, кальция и формиата натрия (**МРтв, МРктв**). Преимущества: работает до  $-(20-25)^{\circ}\text{C}$ , расход от 40—70 г/м<sup>2</sup>, коррозионная активность ниже, чем у технической соли, за счет ингибитора коррозии (формиата натрия) — может достигать 0,4 мг/(см<sup>2</sup>·сутки), меньше воздействует на почву и быстрее выводится из нее. Четвертый класс опасности (малоопасное вещество). Недостатки: воздействие на обувь из-за присутствия хлористого кальция. Стоимость 14 300 рублей за тонну.

**Комбинированный твердый реагент:** содержит хлорид натрия, формиат натрия и мраморную крошку (**КР2тв**). Достоинства: плавающая составляющая работает до  $-20^{\circ}\text{C}$ , но сам реагент эффективен в принципе при любых температурах, так как обеспечивает сцепление за счет мраморной крошки. Коррозионная активность ниже, чем у технической соли, может достигать 0,4 мг/(см<sup>2</sup>·сутки), почти не воздействует на почву, быстро выводится из нее, кроме того, менее опасен для обуви и меха. Четвертый класс опасности (малоопасное вещество), норма 70—150 г/м<sup>2</sup>. Недостатки: необходимость уборки мраморной крошки. Стоимость 19 000 рублей за тонну.

ХКНМ, ХКНж, МРтв, МРктв, КР2тв используют в Москве. Гранитный щебень, который широко применяют в странах

Скандинавии, в том числе на автотрассах, у нас не особенно популярен, так как для его уборки нужны специальные пылесосы. Однако зимой 2015/2016 года им посыпали московские бульвары.

### На основе органических соединений

**Карбамид, или мочевина**, в чистом виде не получил распространения в России, зато за границей считается экологически чистым и безопасным реагентом. Одно время его широко использовали на взлетно-посадочных полосах аэродромов из-за низкой коррозионной активности, но впоследствии заменили на ацетаты и формиаты как более экологически безопасные и работающие при низкой температуре. Преимущества: низкое воздействие на металл, биоразлагаемый, не вредит почвам, низкое воздействие на кожаную обувь и мех. Норма 40—70 г/м<sup>2</sup>. Недостатки: способствует росту водорослей, рабочая температура до  $-8^{\circ}\text{C}$ . Четвертый класс опасности (малоопасное вещество). Стоимость 28 000 рублей за тонну.

**Формиат натрия** в чистом виде в России чаще всего используют для взлетно-посадочных полос и мостов, за границей он распространен как один из экологически чистых реагентов. Применяют его на аэродромах, в домашнем хозяйстве, а также везде, где необходима экологическая безопасность (вблизи газонов, открытых

водоемов). Преимущества: низкие коррозионная активность и воздействие на бетоны, рабочая температура до  $-15^{\circ}\text{C}$ , нейтральное воздействие на почву, быстрое биоразложение, слабое воздействие на кожаную обувь и мех. Норма расхода 40—70 г/м<sup>2</sup>. Четвертый класс опасности (малоопасный продукт). Недостатки: гигроскопичен, предрасположен к слеживанию и биоразложению при нарушении условий хранения. Стоимость 40 000 рублей за тонну.

**Ацетаты натрия и кальция** используют на аэродромах. Преимущества: низкая коррозионная активность и воздействие на бетоны, рабочая температура  $-50^{\circ}\text{C}$ , нейтральное воздействие на почву. Четвертый класс опасности (малоопасный продукт). Недостатки: запах уксуса, вредны для гидробионтов (водорослей, рачков), кожаной обуви и меха. Стоимость 90 000 рублей за тонну. Альтернатива солей для обработки ВПП аэродромов и мостов — НКММ, нитраты кальция и магния модифицированные. Преимущества: низкая коррозионная активность, рабочая температура до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Недостатки: негативное воздействие на почву и растения, водные объекты, деформация кожи обуви. Норма от 20—150 г/м<sup>2</sup>. Стоимость 59 500 рублей за тонну.



ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА



# Реакция под микроскопом

Исследователям из Швейцарии удалось сделать нечто более трудное, чем подковать блоху, — они провели прямую и обратную химическую реакцию для одной-единственной молекулы («Nature Chemistry», 2016, doi: 10.1038/nchem.2438).

Подав импульсы электрического потенциала на щуп сканирующего туннельного микроскопа, Лео Гросс и его коллеги из исследовательского центра IBM в Рюшликоне (Цюрих, Швейцария) смогли разорвать связь углерод-углерод в молекуле, содержащей три конденсированных цикла. При этом два цикла превратились в один, больший по размеру. Другой импульс позволил им снова «расщепить» большой цикл на два, вернув молекулу в исходное состояние.

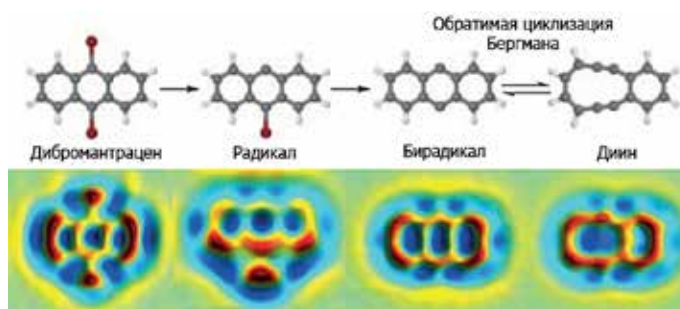
Изображения, полученные с помощью атомно-силового микроскопа (нижний ряд), позволяют рассмотреть обратимую реакцию одной молекулы, индуцированную зондом сканирующего туннельного микроскопа. (Рисунок из «Nature Chemistry», 2016, doi: 10.1038/nchem.2438)

Эта реакция, известная как циклизация Бергмана, была открыта Робертом Бергманом и Ричардом Джонсом в 1972 году. Реакция Бергмана важна для понимания механизма действия определенного типа противораковых препаратов (так называемых эндиновых), способных расщеплять ДНК. Диеновая структура, которая образуется в циклизации Бергмана, — это и есть активно действующий фрагмент противоопухолевого препарата: тройные связи могут вступать в реакцию кросс-сочетания, образуя кольцо, содержащее два неспаренных электрона, а этот бирадикал и атакует молекулу ДНК.

# Ткань из молекулярных нитей

Исследователи разработали метод сплетения длинноцепочечных молекул в симметричный узор — создания молекулярной ткани. В ней макромолекулы не соединены ковалентными связями, а она сама обладает совершенно необычными свойствами («Science», 2016, 351, 365, doi: 10.1126/science.aad4011). С помощью новой технологии можно будет создавать уникальные молекулярные ткани для самых различных областей — предполагается, что такой «текстиль» может оказаться полезным и для создания пористых кристаллов, и для получения композитных полимерных материалов, способных хранить информацию.

ХЕМОСКОП



Гросс с коллегами раньше уже использовали сканирующие микроскопы для получения и изучения активных промежуточных продуктов, подобных образующимся в циклизации Бергмана («Nature Chemistry», 2015, 7, 623, doi: 10.1038/nchem.2300). Исследователи из Швейцарии подумали, смогут ли они применить уже отработанные приемы для контроля циклизации? Они решили изучить эндиин, в котором содержащие тройные связи фрагменты были связаны мостиком из четырех атомов углерода. В целом модельная молекула — это десятичленный карбоцикл, в результате циклизации Бергмана его можно превратить в молекулу, содержащую три конденсированных шестичленных цикла (бирадикальную версию антрацена).

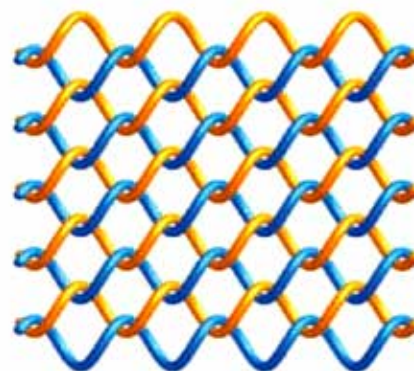
Манипуляции с отдельной молекулой решили начать с «пункта назначения»: первоначально был синтезирован бирадикальный антрацен. Дибромантрацен адсорбировали на поверхности хлорида натрия, на зонд сканирующего туннельного микроскопа, расположенного над молекулой, подали два импульса электрического потенциала. Это позволило отщепить два атома брома, и получился бирадикал. Очередной импульс помог расщепить одну из связей среднего цикла и получить десятичленный диин.

На каждом этапе работы Гросс с коллегами следили за результатами своих манипуляций с помощью атомно-силового микроскопа. Молекула монооксида углерода, закрепленная на зонде атомно-силового микроскопа, уже и раньше позволила исследователям получить изображения молекул в подробнейших деталях — можно было наблюдать взаимное расположение атомов, как в шаростержневых моделях. Подтверждение того, что атомно-силовой микроскоп показывает истинное взаимное расположение атомов, провели с помощью квантово-химических расчетов строения соответствующих соединений.

Дальнейшее исследование показало, что очередной импульс с определенным значением потенциала может превратить диин в антраценовый дирадикал. То есть реакцию заставили двигаться в обратном направлении.

Роберт Бергман, в настоящее время работающий в университете Калифорнии в Беркли, комментируя результаты Гросса, не скрывает восхищения. Он сказал, что когда впервые сообщил об обнаруженной им циклизации, то не мог даже в самых смелых мечтах представить, что когда-то этот процесс можно будет визуализировать во всех деталях.

ХЕМОСКОП



В новом материале полимерные цепи механически переплетены, а не связаны химически. Получается ткань, сплетенная из отдельных молекулярных нитей

Прочные и одновременно гибкие ткани из витых волокон человечество применяет с древних времен — из них делают одежду, ковры и многое другое. Как заявляет руководитель нового исследования Омар Яги из университета Калифорнии в Беркли, химики давно ищут способ сплетения молекулярных нитей, но до настоящего времени никому не приходило в голову идеи, которые можно было бы реализовать на практике. Дело в том, что в хорошо известных полимерах-термопластах цепи никак не связаны между собой и расположены почти параллельно, поэтому они перемещаются друг относительно друга при деформации материала (он «течет»). В полимерных каркасных структурах молекулы, наоборот, сшиты химически — они связаны в точках, где пересекаются цепи, в результате фор-

мируются жесткие структуры без всякого намека на эластичность.

Сначала Яги и его коллеги получили сеть, сотканную из ковалентно связанных органических соединений. Для этого они использовали фрагмент, содержащий альдегидное производное комплексной соли меди (I). В этой соли координация лигандов с ионом  $\text{Cu}^+$  способствует принудительной ориентации альдегидных групп в вершинах тетраэдра. Исследователям удалось вовлечь медную соль в реакцию поликонденсации, что привело к образованию полииминов, длинные цепи которых были регулярно переплетены между ионами  $\text{Cu}^+$ , служившими узлами.

Поскольку цепи материала, полученного на первой стадии, соединены координационной связью с ионами металла, это придает относительную жесткость всему материалу. Однако ионы можно удалить, обработав полимер цианидом калия, растворенным в

водно-метанольной смеси. В потерявшем медь полимере макромолекулы остаются переплетенными, но получают некоторую степень свободы — появляется способность перемещаться друг относительно друга. Эластичность полимера, отмытого от меди, увеличивается в десять раз. Что интересно, материал можно снова сделать жестким — достаточно перемешать эластичный полимер с раствором, содержащим комплекс меди  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CN})_4(\text{BF}_4)$ . В узловые точки снова встраивается медь, и координационный полимер регенерируется.

Яги считает, что разработанная технология прядения молекулярных нитей — это переход на новый уровень в дизайне и получении новых материалов. Исследователь планирует и дальше работать над новыми типами молекулярных тканей. Предполагается, что в единую структуру можно будет сплести несколько различных по строению и свойствам молекулярных цепей.

## Пушки ударят по болезням

Десятилетиями эксперты в области биомедицины мечтали найти лекарство, которое, как волшебная пуля сможет поразить очаг смертельной болезни. И хотя в этой области работы еще непочатый край, исследователи из США предполагают, что они наконец разработали надежный способ доставки лекарства в глубь пораженной ткани. Больное место можно будет бомбардировать наноразмерными капсулами, заряженными лекарственными препаратами. Капсулы будут вылетать из жерл крошечных пушек под воздействием ультразвукового импульса («ACS Nano», 2015, doi: 10.1021/acsnano.5b07080).

Импульс ультразвука вызывает испарение перфторуглеводородной эмульсии в жерле пушки, и пары выталкивают наноядра из ствола орудия

Как говорит руководитель исследования Джозеф Вонг из университета Калифорнии в Сан-Диего, в макромире один из самых мощных инструментов для придания импульса снаряду — это пушки. Поэтому у исследователей появилась идея разработать микропушку, активируемую ультразвуком. Разработанные в группе Вонга орудия — это крошечные полые трубки конической формы, которые получают, нанося слой оксида графена и золота на полимерную основу.

До удаления полимера, окружающего ствол микропушки, миниатюрную артиллерию заряжают ядрами из ок-

сида кремния в биогеле (к которому в перспективе можно будет прикрепить лекарство и биомаркер заболевания) и эмульсией на основе перфторуглеводородов. Как поясняет Вонг, сфокусированный импульс ультразвука, сгенерированный пьезоэлектрическим преобразователем, приводит к самопроизвольному испарению перфторуглеводорода. Из-за испарения давление паров увеличивается, что заставляет ядра покидать ствол микропушки с большой скоростью.

Разработанную технологию можно применять во многих областях, однако в первую очередь Вонг с коллегами планируют использовать микропушки как средства направленной доставки лекарственных препаратов. Исследователи предполагают, что с помощью таких микро- или наноразмерных орудий возможно обеспечить глубокое проникновение малых доз лекарственных препаратов в ткани. При этом новый метод может оказаться гораздо более эффективным, чем существующие способы направленной доставки лекарственных препаратов и микрохирургия.



Для проверки своей идеи исследователи зарядили батарею микропушек, закрепленных на мембране, и поупражнялись в стрельбе наноядрами из флуоресцирующих частиц по гелям-мишеням, моделирующим живую ткань. Действительно, оказалось, что вылетающие по ультразвуковому сигналу снаряды проникают в гель на достаточную глубину. Правда, пока такие микробатареи тестировали только на моделях, а не на настоящих биологических тканях.

В данный момент исследователи из Сан-Диего модернизируют свои микропушки. Одна из задач, которую надо решить для ускорения практического использования микроартиллерии, заключается в создании боеприпасов различных типов, ведь одновременная загрузка в микроорудие нескольких типов частиц позволила бы обстреливать мишень сразу несколькими типами зарядов. Естественно, в планах ученых — проверка ультразвуковой артиллерии на настоящих биообъектах.

Выпуск подготовил кандидат химических наук

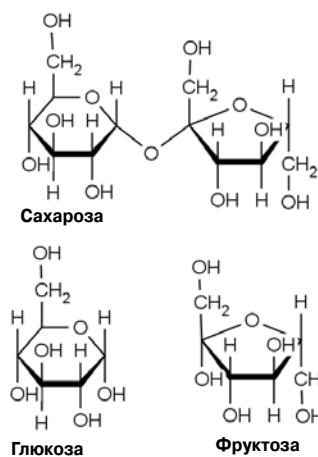
**А.И. Курамшин**

# Фруктоза — враг человека?

Кандидат биологических наук  
Н.Л.Резник

## Ужель та самая фруктоза?

Во второй половине XX века стало быстро расти количество больных метаболическим синдромом и сахарным диабетом 2-го типа. Для них характерны инсулиновая резистентность (о ней см. «Химию и жизнь», 2013, № 7), то есть невосприимчивость клеток к сигналам инсулина, и гипергликемия (повышенный уровень глюкозы в крови), а для диабета еще и нарушения секреции инсулина. Таким людям вреден сахар, и специалисты в области питания предложили заменить его чистой фруктозой, благо она, в отличие от глюкозы, не влияет на секрецию инсулина. Время шло, количество больных продолжало стремительно расти. И если сто лет назад диабет-2 считали редким недугом, который свойствен преимущественно людям, страдающим ожирением и подагрой, то сейчас им болеют более 200 млн человек, причем эта болезнь часто развивается вне связи с классическим



1  
Сахароза состоит из двух простых сахаров: глюкозы и фруктозы

ожирением. Следовательно, должна быть какая-то другая причина возникновения диабета. Подумавши, специалисты решили, что виновата фруктоза.

Фруктоза — простой сахар, придающий сладость фруктам и меду, однако сейчас мы получаем ее в основном

из сахарозы, или столового сахара. В кишечнике сахароза расщепляется на фруктозу и глюкозу, которые всасываются в его стенки (рис. 1). Есть еще кукурузный сироп с высоким содержанием фруктозы (далее для краткости просто сироп), его стали использовать как подсластитель в начале 1970-х. Как правило, в нем 55% фруктозы и 45% глюкозы. В США его щедро добавляют в безалкогольные напитки, пирожные, десерты и другие сладкие продукты.

С 1999 по 2004 год жители западных стран увеличили потребление фруктозы почти на треть. Один из главных фруктозосодержащих продуктов — подслащенные сиропом напитки, на долю которых в США приходится до 10% потребляемой энергии.

По данным эпидемических исследований, с ростом потребления фруктозы растет число страдающих метаболическим синдромом, сахарным диабетом-2 и сердечно-сосудистыми заболеваниями, причем это не только взрослые люди, но и подростки. Фруктоза вызывает невосприимчивость к лептину (гормону жировой ткани), что увеличивает аппетит и потребление пищи. Получается, что чем больше фруктозы мы поглощаем, тем чаще болеем, и ученые даже объяснили почему.

## Бесконтрольный метаболизм

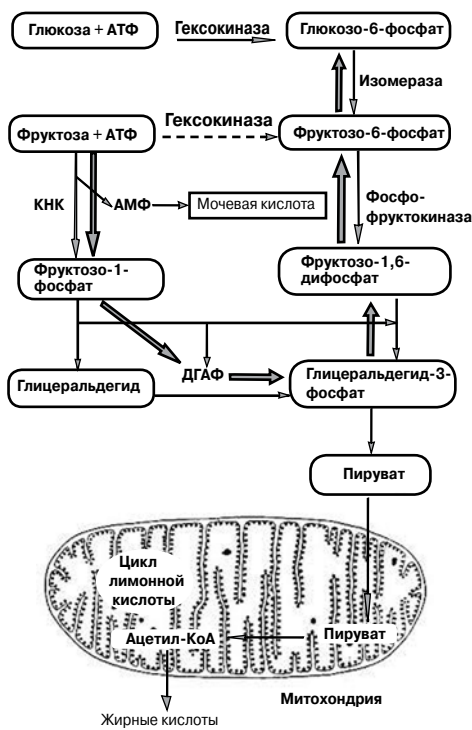
По данным американских служб, контролирующих здоровье и питание граждан, приверженцы западной диеты

потребляют 85—100 г фруктозы в день. Она, как и глюкоза, хорошо всасывается в кишечнике и быстро метаболизируется в клетках печени, однако превращение этих сахаров происходит по-разному (рис. 2).

В печени глюкоза превращается в пируват. Это превращение регулируют ферменты гексокиназа (глюкокиназа) и фосфофруктокиназа, которые переносят фосфатную группу с молекулы АТФ на молекулу сахара. Их активность зависит от концентрации конечных продуктов реакции: когда она достигает определенного уровня, ферменты прекращают работу. Благодаря этому пируват не образуется в чрезмерных количествах, а концентрация АТФ в клетке остается постоянной.

Фруктоза тоже превращается в пируват, но идет к этой цели другим путем. Гексокиназа почти не участвует в метаболизме фруктозы, фосфатную группу к ней присоединяет другой фермент, фруктокиназа (кетогексокиназа), которую принято обозначать латинскими буквами КНК. Этот фермент не реагирует на концентрацию конечных продуктов реакции и работает, пока не управится со всей наличной фруктозой.

Из пирувата в дальнейшем образуется ацетил-КоА, который участвует в синтезе жирных кислот, и в случае фруктозы синтез этот неконтролируемый. Кроме того, из-за «бесконтрольности» КНК в клетке истощаются запасы АТФ и фосфатов. Зато АМФ (продукт расщепления АТФ) оказывается в избытке



2  
 Метаболизм глюкозы и фруктозы в клетках печени. КНК — фруктокиназа (кетогексокиназа), ДГАФ — дигидроксиацетонфосфат. Серыми стрелками показан путь превращения фруктозы в глюкозо-6-фосфат. Он может участвовать в синтезе гликогена, при расщеплении которого образуется глюкоза

и распадается с образованием мочевой кислоты — побочного продукта метаболизма фруктозы.

Благодаря бесконтрольной активности КНК у человека, потребившего много фруктозы, сразу после трапезы существенно возрастает содержание триглицеридов и мочевой кислоты в крови. Возможно, такая странная метаболическая особенность возникла в те времена, когда подходящая пища появлялась внезапно и редко, надо было съесть сразу много и съеденное запастись. При постоянной угрозе голода способность наесться впрок жизненно необходима, но при избытке пищи умение, а главное, желание переждать имеет серьезные последствия.

## Фруктозное ожирение и другие неприятности

У регулярно потребляющих фруктозу синтез жирных кислот идет активнее, чем при эквивалентной концентрации глюкозы. Соединяясь с глицерином, жирные кислоты образуют триглицериды (сейчас их также называют триацилглицеринами) и покидают печень в виде липопротеиновых комплексов. От сладких напитков с фруктозой концентрация триглицеридов в плазме крови растет быстрее и дольше держится на

высоком уровне, чем от напитков, содержащих глюкозу. Неконтролируемый метаболизм фруктозы при высоком ее потреблении приводит к повышенному уровню триглицеридов в крови и отложению жиров в висцеральной жировой ткани (ткани, окружающей внутренние органы).

Задача адипоцитов, клеток жировой ткани, в том и состоит, чтобы хранить жиры, там же при необходимости происходят их деградация и синтез. Но от избытка жирных кислот адипоциты буквально распирает, и они усиливают секрецию адипокинов — гормонов жировой ткани. Их несколько, и функции у них разные, в том числе они повышают кровяное давление, влияют на образование новых сосудов, вызывают воспаление и инсулиновую резистентность, ухудшают работу почек. Клетки, перегруженные жирными кислотами, страдают от окислительного стресса и инсулиновой резистентности. Единственный адипокин, синтез которого в увеличенных клетках жировой ткани снижается, это адипонектин, участвующий в регуляции уровня глюкозы и расщеплении жирных кислот. Когда уровень адипонектина падает, концентрация глюкозы в крови растет, и сочетание этих признаков указывает на риск развития диабета-2. На работе почек низкий уровень адипонектина тоже сказывается отрицательно.

Избыток жиров приводит к гибели адипоцитов, их смерть также вызывает воспаление. Вслед за адипоцитами липиды начинают откладываться в печени и мышцах. Ожиревшие органы плохо воспринимают сигналы инсулина, глюкоза в них не поступает, клетки голодают.

А еще фруктоза препятствует нормальной дифференцировке адипоцитов. Механизм этого эффекта не вполне ясен.

Избыток триглицеридов вызывает дисфункцию эндотелия. Эндотелий отделяет стенки артерий от элементов крови и очень важен для поддержания сосудистого гомеостаза. Частицы липидов низкой плотности из кровяного русла вторгаются в эндотелий и окисляются, вызывая воспаление и риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Значительной биологической активностью обладает и мочевая кислота, побочный продукт метаболизма фруктозы. Она в том числе стимулирует экспрессию КНК и непосредственно вызывает дисфункцию адипоцитов.

Мочевая кислота влияет на синтез некоторых биологически активных веществ, выделяемых адипоцитами, и таким образом может воздействовать



на регуляцию энергетического баланса, метаболизм липидов, чувствительность к инсулину, иммунный ответ, ангиогенез, состояние эндотелия, артериальное давление, свертывание крови и острое воспаление.

Одним из доказательств вредного воздействия мочевой кислоты служит тот факт, что аллопуринол — препарат, снижающий концентрацию мочевой кислоты в крови, улучшает состояние крыс, питающихся фруктозой, в том числе нормализует давление, содержание триглицеридов и инсулина в крови, смягчает инсулиновую резистентность и заболевание микрососудов почек.

А еще аллопуринол улучшает функционирование эндотелия, также подверженного разрушительному воздействию мочевой кислоты. Она вызывает в клетках эндотелия образование активных форм кислорода и окислительный стресс, который усиливает воспаление, индуцирует агрегацию тромбоцитов и подавляет синтез оксида азота, расширяющего сосуды. Невозможность достаточно увеличить просвет сосудов вызывает гипертензию. При нехватке NO капилляры мышц сужены настолько, что ограничивают доступ инсулина и, следовательно, препятствуют поступлению глюкозы в клетки. Возможно, именно дисфункция эндотелия и обеспечивает связь между гипертонией и инсулиновой резистентностью.

Многие эффекты мочевой кислоты доказаны в экспериментах на мышах и при клинических исследованиях. Но чтобы разобраться в механизмах ее действия, работу необходимо продолжать.

## Не стоит спешить с выводами

Лабораторные, клинические и эпидемиологические исследования последних лет привели многих ученых к убеждению, что именно усиленное потребление фруктозы, отмечаемое в последние десятилетия, ответственно за гиперлипидемию, высокое кровяное давление, высокое содержание глюкозы в крови, склонность к образованию тромбов и воспалительным реакциям, а также



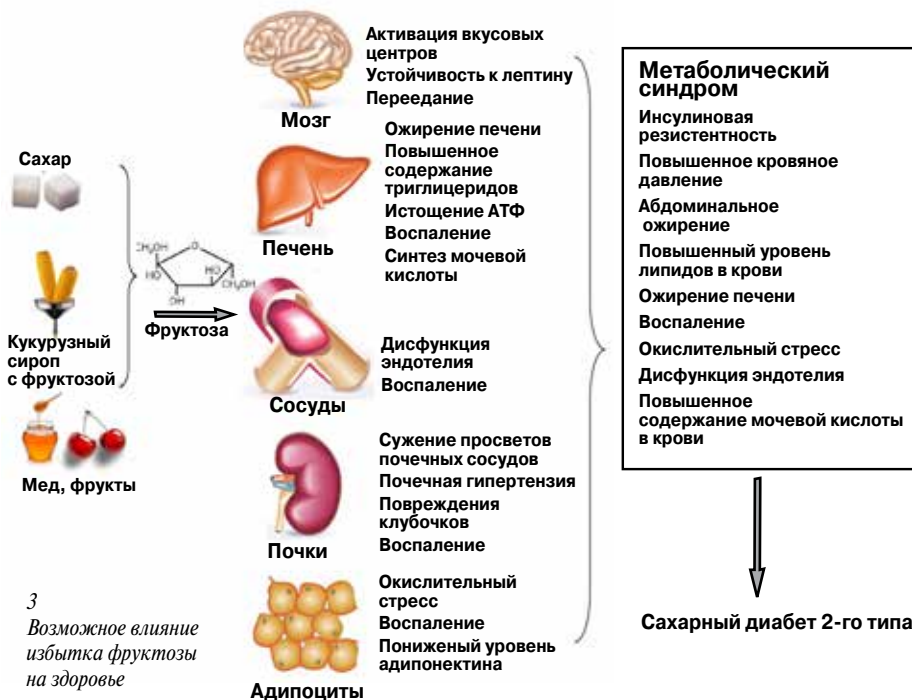
## РАССЛЕДОВАНИЕ

связано с сердечными и почечными нарушениями и повинно в эпидемии сахарного диабета-2 (рис. 3). Вслед за учеными фруктозу признали вредной и популярные издания, некоторые даже пишут, что лучше есть жир, чем фруктозу.

В создавшейся ситуации медики просто обязаны предложить какой-то выход. Идеальным решением было бы свести к минимуму содержание фруктозы в пищевых продуктах, но идеал, как известно, недостижим. Значит, будем лечиться. Спектр теоретических возможностей широк. Можно подобрать препараты, регулирующие активность КНК; ограничить доступ фруктозы в клетки (для этого надо каким-то образом заблокировать белки-транспортеры фруктозы, с помощью которых она попадает из крови в гепатоциты); использовать препараты, снижающие влияние фруктозной диеты на диабет и инсулиновую резистентность (такие есть). Получается, что человечество стоит перед выбором: либо пить только молоко и воду, либо, сохранив в меню привычные сладкие напитки и калорийные сладости, заедать их таблетками.

Однако у фруктозы есть немало защитников, точнее, противников ее шельмования, которые призывают не торопиться с выводами. Они напоминают, что в повседневной жизни фруктоза поступает в организм не в чистом виде, а вместе с другими углеводами и активно участвует в общем углеводном обмене. Она контролирует активность гексокиназы, основного фермента метаболизма глюкозы, благодаря чему регулирует потребление глюкозы в печени и синтез гликогена. Присутствуя в пище в небольших количествах, она повышает толерантность к глюкозе. Нельзя сбрасывать со счетов и то обстоятельство, что от 30 до 50% попавшей в гепатоциты фруктозы превращается в глюкозу (см. рис. 2).

Проанализировав биохимические процессы, происходящие в разных частях клетки (митохондриях и цитозоле), исследователи пришли к выводу, что действие чистой фруктозы нельзя сравнить с эффектом обоих сахаров. Возможно, нормальный метаболизм фруктозы требует присутствия глю-



козы. Основные источники фруктозы, сахар и сироп, содержат значительное количество глюкозы, исключительно фруктозная диета существует только в экспериментальных условиях. Причем в этих экспериментах фруктозу обычно вводят в организм в количествах, существенно превышающих ее содержание в высококалорийной диете.

Вообще, методики, которыми пользуются обвинители глюкозы, вызывают серьезные нарекания у ее защитников. Значительную часть результатов исследователи получили на культурах клеток, в экспериментах с грызунами, которых все-таки нельзя назвать идеальной биохимической и физиологической моделью человека, и в ходе эпидемиологических исследований. Обобщать результаты этих исследований трудно, поскольку они различаются дизайном и длительностью и к тому же не дают возможности порознь оценить специфические эффекты фруктозы и глюкозы, отделить их от эффекта сахаров вообще. Чтобы проанализировать действие каждого из сахаров в чистом виде, исследовать практически не изученное влияние низких концентраций фруктозы, установить безопасные пороги потребления фруктозы и глюкозы, необходимы тщательно продуманные клинические испытания, а их пока крайне мало. Справедливости ради отметим, что большинство «анти-фруктозных» научных публикаций указывает на необходимость дальнейших исследований, поэтому единогласный приговор фруктозе научное сообщество не вынесло.

Люди часто склонны то ополчаться на какой-нибудь продукт (ни крошки холестерина, ни капли алкоголя), то видеть в нем панацею. Однако не стоит

оценивать пищевые продукты в терминах «хороший» и «плохой». В вопросах питания, как и во всяком деле, важно соблюдать меру. Создание запасов жира или гликогена — абсолютно нормальные биохимические реакции, равно как и участие фруктозы в этих процессах. Другое дело, если мы едим углеводы постоянно и в избытке. Их ограниченное потребление вкупе с физической активностью — лучшая стратегия борьбы с ожирением, диабетом и метаболическим синдромом, одобренная научным сообществом. Обратите внимание, речь идет об углеводах вообще, а не о фруктозе и даже не о сахаре. В некоторых случаях пациентам с диабетом-2 удаление крахмала из рациона помогало лучше, чем воздержание от сахара.

В этой статье аргументы противников фруктозы и их оппонентов изложены по необходимости кратко и непоследовательно. Сомнений в добросовестности ученых нет, основная проблема заключается в том, что достоверных исследований очень мало, и это обстоятельство не позволяет пока решить, действительно ли фруктоза враг человека.

### Литература

- Z. Khitan, D. H. Kim. Fructose: A Key Factor in the Development of Metabolic Syndrome and Hypertension. «Journal of Nutrition and Metabolism», 2013, doi:10.1155/2013/682673.
- R. D. Feinman, E. J. Fine. Fructose in perspective. «Nutrition & Metabolism», 2013, 10:45, doi:10.1186/1743-7075-10-45.
- G. Jia, A. R. Arora, A. T. Whaley-Connell, J. R. Sowers. Fructose and Uric Acid: Is There a Role in Endothelial Function? «Current Hypertension Reports», 2014, 16, 434, doi:10.1007/s11906-014-0434-z.

# Коварный процент



Фото: А. Константинов

**К**ак-то раз я позвонил однокурснику и спросил: «Что получится, если один литр 50%-ной кислоты смешать с двумя литрами 80%-ной?» Товарищ бойко ответил: «Три литра 70%-ной».

И тогда я задал заранее заготовленный вопрос: «А ты в советское время водку пил?» Товарищ смутился. Он все понял — в советское время на этикетках водочных бутылок обычно указывалось: крепость 40 объемных процентов (теперь пишут лаконичное 40% об.). То есть я напомнил собеседнику, что проценты можно считать по-разному.

Как правило, концентрацию растворов считают по массе. И, как правило, это не оговаривают. Термин «80%-ная кислота» означает, что масса кислоты составляет 80% от массы смеси. Соответствующее определение есть в школьном учебнике по химии. Если концентрацию считают по-другому, это принято оговаривать (что и делают производители спиртных напитков).

С объемами дело обстоит сложнее. Часто дают такое определение: объемная концентрация — это отношение объема вещества к объему смеси. Но в таком случае возникает вопрос: а как сосчитать, какой объем занимает в растворе та или иная его компонента? Ведь закона сохранения объема не существует! Объем смеси может быть не равен сумме объемов ее компонент. Так что, строго говоря, для вычисления объемного процента следует знать объем растворенного вещества до того, как оно было смешано с раствори-

телем, и сосчитать его отношение к объему смеси. Для вычисления объемных процентов смеси спирта и воды обычно используют специальные приборы, позволяющие определять искомый процент по плотности раствора. Отметим также, что объем смеси, а следовательно, и объемная концентрация меняются с изменением температуры раствора.

При подсчете концентрации по массе подобных трудностей не возникает. Поэтому такое определение концентрации наиболее распространено.

Вроде бы все просто. Но есть специфическая группа наших сограждан — составители задач по математике, — которые, по-видимому, в советское время водку не потребляли, а к изучению химии не относились серьезно. И, как следствие, не подозревают, что при подсчете объемов смесей можно столкнуться с неожиданностями.

Об этом свидетельствует задача из ныне действующего школьного учебника. «Два сосуда были наполнены растворами соли, причем в первом сосуде содержалось на 1 л меньше раствора, чем во втором. Концентрация раствора в первом сосуде — 10%, а во втором — 20%. После того как растворы слили в третий сосуд, получили новый раствор, концентрация которого 16%. Сколько раствора было в каждом сосуде первоначально?» Ответ: «2 л и 3 л» (Алгебра. 9-й класс, под ред. С.А.Теляковского. М.: Просвещение, 2014). Судя по ответу, авторы учебника не учли, что растворы разной концентрации имеют различную плотность. Автор этих



## ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

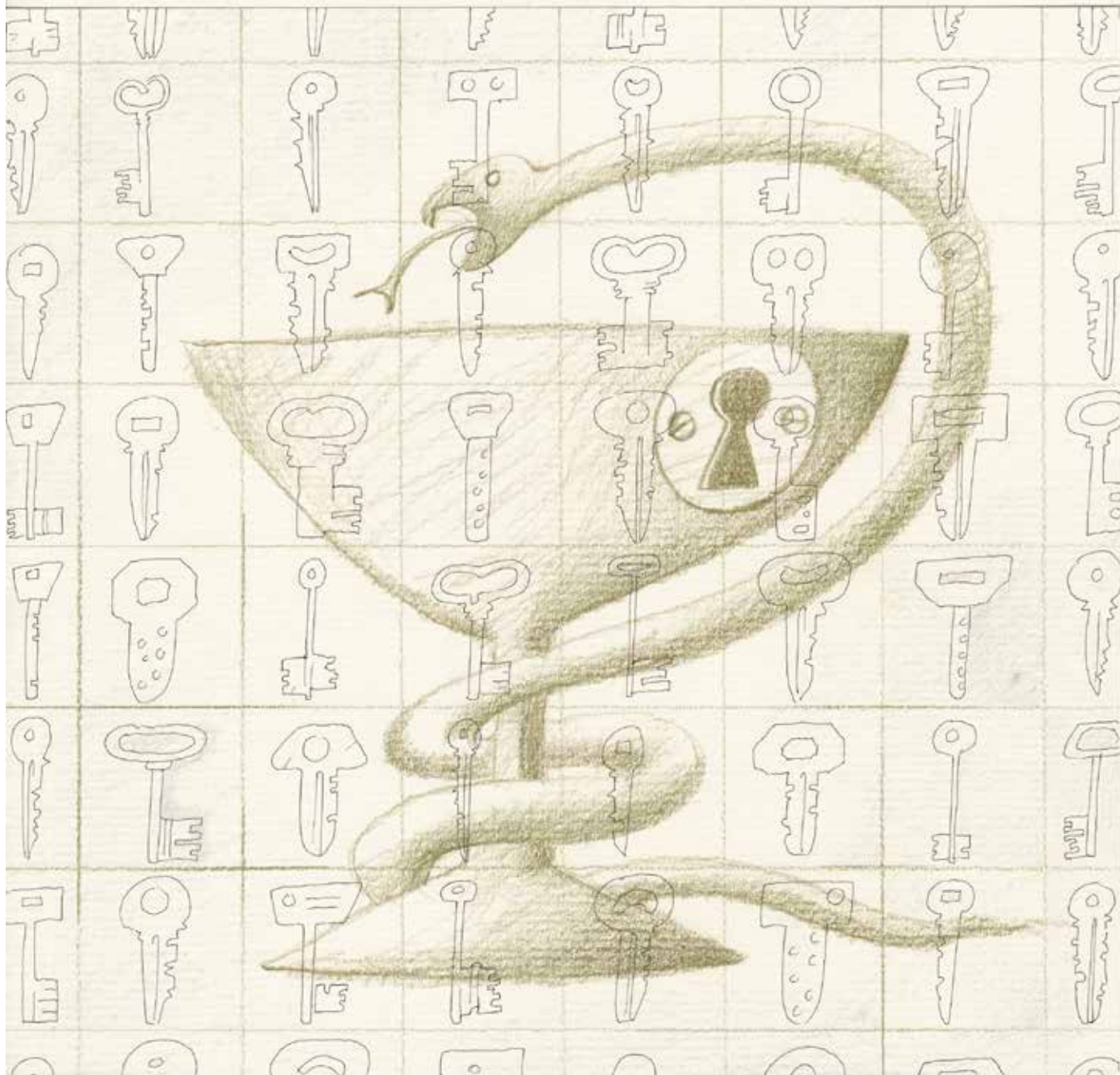
строк еще в 2003 году опубликовал заметку на эту тему в журнале «Математика в школе», но вышло уже 21-е издание учебника все с той же ошибкой. И этот случай — не исключение.

Подобные задачи в свое время появлялись даже на вступительных экзаменах в солидных вузах. Например, в МГУ на отделении структурной и прикладной лингвистики филфака и в Институте криптографии, связи и информатики Академии ФСБ на факультете прикладной математики. (Задачи приводились в журнале «Квант».) Та же неточность была допущена и в книге авторитетного методиста И.Ф.Шарыгина «Решение задач» (с. 97, задача 145).

Отметим, что всех этих сложностей можно избежать, если количество раствора давать в килограммах. Кстати, так и поступают авторы школьных учебников по химии. Во всяком случае, в этих учебниках подобных небрежностей нам обнаружить не удалось. Казалось бы, практически все, кто в советское время работал в НИИ, за исключением сугубо гуманитарных, должны были узнать на практике, что при смешивании спирта и воды смесь становится теплой и, следовательно, «что-то происходит». А значит, есть основание усомниться в том, что объем смеси будет равен сумме объемов сливаемых растворов. И все-таки даже составители школьных учебников по математике, которых их профессиональная деятельность приучает к точности в малейших деталях, не увидели подводного камня. И это показывает, насколько желательнее, чтобы школьники при обучении всем предметам, и химии в том числе, приучались к точности формулировок.

Видимо, следует посоветовать авторам учебников по химии делать их по возможности менее формальными. Например, в данном случае — не только сообщить в качестве определения, что концентрация растворов считается по массе, но и объяснить, какие осложнения возможны при попытках считать по объему. А еще воспользуемся случаем напомнить учителям и преподавателям, да и всем, кто смешивает те или иные растворы, что процент — понятие коварное, поскольку не всегда бывает понятно, как его считают и что принимается за 100%.

**И.И.Гольдфаин**



Художник П. Перевезенцев

# От медицины для всех — к медицине для каждого

А. В. Баранова

*В 2008 году известный ученый, президент Института системной биологии в Сиэтле Лерой Худ предложил концепцию современной медицины, основанную на принципах 4П, которые наиболее ярко отображают изменения в подходах к ведению пациентов в последние несколько лет. Согласно этой концепции, медицина должна стать (и уже становится) предиктивной, то есть предсказательной; профилактической; партисипативной — требующей активного участия пациента, и, наконец, персонализированной. Рассмотрим подробнее каждый из пунктов и постараемся представить, какой станет медицина будущего.*

## Концепция медицины будущего: что такое 4П

*Предиктивная (предсказательная) медицина означает, что врач сможет определить вероятности развития тех или иных заболеваний и грамотно объяснить пациенту, что именно эти вероятности значат для него лично, а также помочь скорректировать его образ жизни, чтобы отложить начало серьезных заболеваний, ослабить их проявления и подобрать оптимальное лечение. Вспомним пример с гепатитом С из статьи в предыдущем номере: в зависимости от генотипа больного врач предсказывает, будет ли успешной стандартная схема лечения или же необходима другая, более дорогостоящая.*

*Профилактическая медицина означает, что основной объем действий врача будет направлен не на лечение заболевания, а на его предупреждение. Предполагается, что пациент уста-*

Продолжение. Начало см. № 2, 2016

новит тесный контакт с врачом задолго до начала заболевания, а врач разработает персонализированную программу для выявления ранних признаков болезней и, если нужно, профилактических мер. Стоит отметить, что врач будет готов с этим справиться только в том случае, если он сможет провести серию измерений, чтобы отследить реакцию организма на стрессы, излишества, перегрузки. Подобные стрессовые ситуации служат суррогатом эксперимента, а наблюдения за ответом организма на стрессы позволяют выявить границы индивидуальной нормы реакции.

*Партисипативная медицина* предполагает активное участие пациента как в принятии конкретных медицинских решений, так и в определении общей стратегии мониторинга состояния здоровья. Конечно же решения должны быть информированными, а значит, врачам и ученым нужно вместе работать над тем, чтобы неспециалисты в целом лучше понимали основы функционирования человеческого организма.

*Персонализированная медицина* учитывает всю совокупность индивидуальных особенностей больного, прежде всего его генотип. Опираясь на базу данных доказательной медицины, подробно представленную в клинических руководствах, протоколах и стандартах, врач также использует базу знаний, в том числе накопленный опыт, описывающий разнообразие форм течения известных заболеваний. Это позволяет уйти от принципа «одно лекарство для всех». Подбирая индивидуальные схемы лечения, врач может улучшить результаты лечения, обеспечить его безопасность и рентабельность.

## Первые шаги персонализации: фармакогеномика

Конечно, нельзя ожидать, что вся медицина вдруг станет персонализированной. Однако уже сейчас можно привести ряд успешных примеров, демонстрирующих явную пользу для больных и врачей. Большинство примеров, уже воплощенных в клиническую реальность, находятся в области фармакогеномики — науки, исследующей влияние полиморфизмов, редких генных вариантов и других компонентов генетической основы ответа организма на лекарственные препараты.

*Анна Вячеславовна (Анча) Баранова — главный научный сотрудник Медико-генетического научного центра РАМН (Москва), директор по науке биомедицинского холдинга «Атлас», Associate Professor Университета Джорджа Мейсона (США)*



## БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Эффективность лекарственных средств и неблагоприятные побочные реакции при применении зависят от индивидуальных особенностей фармакокинетики (всасывания, распределения, метаболизма, выведения) и фармакодинамики (чувствительности молекул-мишеней рецепторов, ферментов, ионных каналов и т. д.). Эти особенности могут меняться в зависимости от клеточной и тканевой физиологии, которая, в свою очередь, определяется сочетанием генных аллелей пациента. Доказательства влияния генов на различные процессы, опосредующие эффекты лекарственных средств, получены почти для всех терапевтических агентов.

Аллельные варианты генов, кодирующих ферменты метаболизма лекарственных веществ, известны давно. Чтобы выявить их, необязательно знать нуклеотидную последовательность генома больного: наличие того или иного генного варианта можно распознать, измерив уровень активной формы лекарственного вещества или его метаболита в крови. Такой лабораторный тест, который проводят после принятия препарата, называется «фенотипирование», терапевтический лекарственный мониторинг. В этом случае персонализация лечения происходит уже после его начала: больным с аномально высокими или аномально низкими концентрациями лекарства в крови можно скорректировать дозировку.

Персонализированная медицина будущего предполагает проведение «упреждающих» фармакогеномных тестов до

### «Посмотрим ваши аллели...»

Классический пример лекарственных средств с вариабельным ответом, который зависит от генотипа больного, — непрямые антикоагулянты, снижающие риск тромботических осложнений, в том числе варфарин. Эффективность этих препаратов доказана во множестве клинических исследований, однако их применение может привести к кровотечениям. У носителей аллельных вариантов CYP2C9\*2 и CYP2C9\*3 и генотипа AA по полиморфному маркеру G3673A в гене VKORC1 антикоагулянтный эффект варфарина нестабилен и часто наблюдаются кровотечения. Следовательно, выбор антикоагулянтного препарата должен опираться на результаты фармакогенетического тестирования. Для расчета начальной дозы варфарина можно воспользоваться калькулятором на сайте WarfarinDosing.org. Более того, результаты тестирования по генам CYP2C9 и VKORC1 помогут спрогнозировать диапазон колебаний поддерживающей суточной дозы варфарина. В некоторых случаях могут назначить альтернативные препараты — пероральные антикоагулянты нового

поколения, не требующие коагулологического контроля и подбора дозы, например ингибиторы фактора IIa или Ха.

Другой препарат, требующий персонализированного подхода к назначению, — клопидогрел, антиагрегант из группы блокаторов тромбоцитарных рецепторов P2Y12. Печень больных с аллельными вариантами CYP2C19\*2 и CYP2C19\*3 не способна трансформировать клопидогрел в его фармакологически активный метаболит. Другими словами, носителям этих вариантов (в гетерозиготном или гомозиготном состоянии) назначать клопидогрел бессмысленно, рекомендуется использовать иные терапевтические схемы.

И наконец, антидепрессанты. В арсенале врачей их множество. Согласно современным клиническим рекомендациям, разработанным в рамках доказательной медицины, выбор того или иного антидепрессанта определяется формой депрессии и наличием сопутствующих заболеваний у пациента. Однако, по данным разных авторов, антидепрессанты оказываются неэффективными у 40% больных, причем частота нежелательных лекарственных реакций, в том числе серьезных, может

достигать 24%. Очевидно, что оптимальное терапевтическое решение должно учитывать особенности фармакокинетики антидепрессантов у конкретного пациента. Так, эффективность антидепрессантов из группы трициклических в основном определяется активностью цитохрома CYP2D6. При низкой активности возможно повышение концентрации антидепрессанта, метаболизирующегося данным изоферментом, и вследствие этого — развитие нежелательных лекарственных реакций. В России генотипы «медленного» метаболизма (генные варианты CYP2D6\*3–10, CYP2D6\*41) имеют 20–25% людей. При высокой же активности CYP2D6 (генные варианты CYP2D6\*1 и CYP2D6\*2) применение стандартных доз антидепрессанта малоэффективно из-за быстрой биотрансформации и выведения этих препаратов. Понимая, каким изоферментом цитохрома P450 метаболизируется тот или иной антидепрессант, а также зная факторы, вызывающие изменение активности того или иного изофермента у конкретного больного, можно выбрать препарат, который, как ожидается, будет максимально эффективным и максимально безопасным.



начала лечения или даже до начала развития заболевания. В идеале такой тест должен быть однократным. Генотипирование позволяет заранее выявить все фармакологически значимые генные варианты и затем занести их в карту больного — на случай, если потребуется экстренное назначение какого-то лекарственного препарата из фармакогеномного списка.

Ключ к внедрению персонализированной медицины в клиническую практику — информационные технологии, в частности специально разработанные системы поддержки принятия решений о назначении лекарств. Они предупреждают врачей о возможных неблагоприятных побочных реакциях у пациентов с теми или иными особенностями генотипа, указывая на необходимость или, по крайней мере, желательность проведения фармакогеномного теста, а после получения результатов способствуют их адекватной клинической интерпретации. В мире уже проводятся масштабные проекты и по «упреждающей» фармакогеномике. Опыт проекта «1200 пациентов» Чикагского университета показал, что внедрение «упреждающих» тестов такого рода вовремя напоминает врачу о необходимости учитывать генные варианты при применении лекарственных средств, тем самым повышая эффективность и безопасность лечения («American Journal of Medical Genetics, Part C: Seminars in Medical Genetics», 2014, 166, 1, 68—75, doi: 10.1002/ajmg.c.31385).

## Врач и пациент работают вместе

Партисипативная медицина основывается на желании пациента самостоятельно изучать информацию о своем заболевании. Современная ИТ-среда предоставляет для этого неограниченные возможности. Форумы, дискуссии, чаты, сети профессионального и тематического общения, мобильные приложения, в том числе электронные дневники самонаблюдения, устройства для лонгитюдной оценки показателей жизнедеятельности, а также «напоминатели» о приеме лекарств — все это действующие элементы партисипативной медицины. (Лонгитюдным называется достаточно продолжительное исследование, на протяжении которого изучаемый объект или группа объектов существенно изменяют свои характеристики. Понятно, что пациент с помощью гаджета может гораздо подробнее отследить колебания своих пульса и давления, чем при визитах к доктору.) Благодаря этому врачи и больные лучше понимают, как функционирует организм, быстрее узнают о новых доступных диагностических и терапевтических возможностях, обмениваются информацией с пользой для обеих сторон.

Партисипативная медицина подразумевает не только новый подход к взаимодействию между пациентом и врачом, но и новую систему отношений между организаторами здравоохранения и врачом — с упором на внедрение технологий персонализированной медицины в клиническую практику. Так, широкое внедрение фармакогеномного тестирования должно ускорить наступление эры 4П. Первыми элементами партисипативной медицины станут системы поддержки принятия решений, инкорпорированные в электронные лекарственные назначения. Они позволят «на лету», уже при прописывании лекарства, информировать больного о возможности пройти фармакогеномный тест (и объяснять, что именно этот тест покажет) или предупреждать о наличии у пациента тех или

иных генетических особенностей, способных повлиять на фармакологический ответ, с рекомендациями по изменению тактики лечения. Подобные информационные технологии не только увеличат частоту обращений за геномными и постгеномными тестами, но и приучат врачей применять достижения персонализированной медицины на «рабочем месте».

## Новое понятие нормы

Важнейшая особенность персонализированной медицины — это пересмотр понятия «норма». В настоящее время под физиологической нормой понимают среднее значение какого-либо параметра, например концентрации глюкозы в крови, собранной в достаточно большой группе условно здоровых людей. Значения каждого из этих параметров связаны с многими другими биохимическими показателями и постоянно меняются даже в течение суток. Поэтому вместо одной цифры, означающей точное среднее значение в популяции, врачи-лаборанты используют две: верхнюю и нижнюю границы нормы.

Интуитивно понятно, что точное значение каждого биохимического показателя, находящегося «в пределах нормы», не менее важно, чем значение показателей, находящихся за ее пределами. К примеру, верхняя граница нормы содержания глюкозы в крови — 5,5 ммоль/литр. Пациент с показателем ровно по верхней границе нормы — диабетик или нет? Вспомним к тому же, что показатели каждого параметра постоянно меняются — получается, что один и тот же человек может быть диабетиком сегодня и здоровым завтра? А если он отложит визит к врачу до конца недели, да еще и на всякий случай поголодает перед посещением кабинета, преддиабетическое состояние (нарушенная толерантность к глюкозе, нарушенная гликемия натощак) или сахарный диабет будет пропущены.

На этом примере видно, что мониторинг биохимических показателей крови нужно проводить гораздо чаще, чем раз в год, по возможности у одного и того же врача (или врачебной киберсистемы) — только такая стратегия позволит предупредить развитие хронических заболеваний или начать их своевременное лечение.

## Биомаркерные тесты

Небольшие сдвиги уровня того или иного параметра сами по себе не могут служить надежным основанием для дифференциальной диагностики заболевания. Это особенно хорошо видно на примере онкомаркеров — веществ, обычно белков или их фрагментов, вырабатываемых самой опухолью или организмом человека в ответ на развитие злокачественного процесса.

Для многих онкомаркеров «нормальный» уровень экспрессии сильно зависит от конкретных генных вариантов. К примеру, уровень ПСА (маркера онкологических заболеваний простаты) в сыворотке здоровых людей зависит от A/G-полиморфизма в элементе ARE1 гена KLK3 и/или числа повторов CAG в первом экзоне гена рецептора андрогена (AR) («Cancer Research», 2000, 60, 839, «Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention», 2002, 11, 664). Более того, уровень ПСА повышается не только при онкологических, но и при доброкачественных воспалительных заболеваниях простаты, поэтому диагностическим критерием обычно служит концентрация опухолевого маркера, а не

### SMART- биомаркеры

Каждый внедряемый в клиническую практику биомаркер должен быть:

- S — specific and sensitive (чувствительным и специфичным);
- M — measurable (измеряемым);
- A — available and affordable (доступным и недорогим);
- R — responsive and reproductive (воспроизводимым);
- T — timely (своевременным).



Марк Снайдер, руководитель факультета генетики Стэнфордского университета (США), директор Стэнфордского центра геномики и персонализированной медицины, — один из самых подробно изученных людей на планете

наличие его в крови. Поскольку воздействие воспалительного фона стимулирует деление покоящихся предраковых клеток, граница между злокачественными и нормальными состояниями ткани оказывается размытой и зависит от общего состояния организма больного, например от наличия хронических воспалительных заболеваний, таких как плевриты и асциты, простатит, панкреатит, урогенитальные инфекции и даже хронический бронхит. Поэтому представляется маловероятным увеличение чувствительности и специфичности опухолевой диагностики за счет обнаружения отдельного «идеального» маркера или углубленного понимания биологии уже существующих опухолевых биомаркеров. По всей видимости, будущее за диагностическими панелями, включающими десятки и сотни маркерных молекул.

В целом все тесты, количественно измеряющие содержание биологических молекул, называют биомаркерными тестами. Биомаркеры классифицируют по принципу их практического использования. *Антецендентные* биомаркеры определяют риск развития болезней, *скрининговые* применяются для выявления субклинических стадий заболевания при общем осмотре, *диагностические* подтверждают наличие заболевания, *биомаркеры состояния* характеризуют относительную тяжесть заболевания, а *прогностические биомаркеры* отражают динамику течения заболевания, в том числе позволяют оценивать эффективность лечения.

Биомаркеры можно классифицировать и по-другому, а именно по степени их связи с основным патофизиологическим или терапевтическим процессом. *Биомаркеры типа 0* отражают естественную эволюцию заболевания и напрямую связаны с определенными клиническими характеристиками. Это, например, концентрация альбумина в моче, уровень глюкозы натощак, маркеры дисфункции эндотелия. *Биомаркеры типа 1* отражают эффект терапевтического вмешательства. *Биомаркеры типа 2*, или *суррогатные* (surrogat endpoint biomarker), отражают вероятность успеха выбранной стратегии лечения или предсказательный потенциал диагностической процедуры — при этом доказательство, полученные в ходе клинических исследований небольшой группы пациентов, экстраполируются на общую выборку всех больных. Примеры суррогатных биомаркеров — активность аспартатаминотрансферазы (АсАТ) и аланинаминотрансферазы (АлАТ) при заболеваниях печени, а также концентрация глюкозы у пациента с уже диагностированным сахарным диабетом.

И тестирование биохимических показателей крови, и измерение онкомаркеров — все это примеры использования биомаркеров. Инженеры постоянно совершенствуют чувствительность оборудования для измерения уровня индивидуальных биомаркеров; ученые и клиницисты работают над выявлением и введением в практику новых биомаркерных молекул, для



## БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

многих из которых связь с патогенезом неочевидна. За последние 15 лет число таких молекул, зарегистрированных для клинического применения, а также публикаций о нахождении новых биомаркеров росло экспоненциально. В результате, как ни парадоксально, практической пользы для врачей от постгеномных данных очень мало.

Как же разобраться в море биомаркерных тестов и научиться правильно применять их?

Чтобы верно интерпретировать результаты биомаркерного теста, нужно использовать подходы персонализированной медицины, которая в качестве объекта наблюдения рассматривает конкретного человека, не сравнивая его с другими. Как уже говорилось в предыдущей статье, персонализированная медицина не отказывается от основного метода доказательной медицины — получения вывода путем статистической обработки данных большого количества измерений и наблюдений. Персонализированная медицина развивает этот метод, сравнивая множество единичных измерений биологических параметров, в том числе биомаркеров, собранных в течение жизни пациента. Заключение о важности того или иного измерения принимается с учетом общей (долгосрочной) динамики молекулярного профиля индивида и статистической значимости выявленных трендов, отражающих постепенное изменение состояния его организма.

### Марк Снайдер и его iPOP

Такая концепция ведения больного «на плечах» доказательной медицины продвигается еще на шаг вперед, когда сопоставляет не уровни отдельных биомаркеров в группах больных и здоровых людей, а цельные, непрерывные профили изменений этих уровней с течением времени и в зависимости от событий в жизни человека.

В рамках доказательной медицины изменения, связанные с циркадным ритмом, нарушения в образе жизни, диете и среде обитания из-за нашей возросшей мобильности, взаимодействия человека с быстро эволюционирующей техногенной средой на порядок усложняют поиск надежных молекулярных «предвестников» ранних стадий заболевания. В рамках персонализированной медицины те же самые переменные факторы помогают выявить ключевые точки патогенеза. Именно это произошло в лонгитюдном эксперименте по мониторингу состояния индивида, где один и тот же человек — профессор Марк Снайдер с медицинского факультета Стэнфорда (Калифорния, США) — выступал и в роли пациента, и в роли исследователя полученных данных («Genome Medicine», 2014, 6, 1, 6, doi: 10.1186/gm512, см. также популярное изложение: <http://biomolecula.ru/content/1025>).

Этот весьма дорогостоящий эксперимент проводили с помощью постгеномных технологий. Профессор Снайдер получил точное описание своего «интегративного многокомпонентного персонального профиля» (integrative personal omics profile, iPOP), который включал информацию о последовательности генома и результаты многократного количественного измерения стандартных биохимических параметров, уровней всех мРНК, а также белков и многих других биологических молекул

на протяжении 14 месяцев эксперимента. За это время каждый анализ провели 20 раз, было создано три миллиарда индивидуальных записей о результатах.

Все эти записи непрерывно анализировались, и, когда на 299-й день эксперимента профессор Снайдер заболел простудой, а точнее, был инфицирован респираторно-синциальным вирусом, было замечено, что его лонгитюдный iPOP-профиль значительно изменился. Активность изменили примерно 10% от общего числа генов, что свидетельствовало о серьезности переносимого стресса. Действительно, вскоре после выздоровления анализ показал увеличение уровней глюкозы и гликозилированного гемоглобина HbA1c, то есть нарастания толерантности к действию инсулина. Получив биомаркерный сигнал о неблагополучии в своем организме, профессор Снайдер снизил гликемическую составляющую диеты и увеличил физические нагрузки, что позволило вернуть уровень глюкозы к норме. Иными словами, «подопытный ученый» сумел перехватить развитие диабета в самом начале.

Полномасштабное iPOP-профилирование пока недоступно подавляющему большинству пациентов. Да это и не нужно. Лонгитюдное профилирование представляет важную информацию и тогда, когда многократно измеряют не сотни тысяч, а всего лишь десятки наиболее информативных молекул. В случае профессора Снайдера диагноз начинающегося диабета можно было поставить по результатам многократного измерения всего лишь трех важных маркерных молекул, известных любому врачу, а именно глюкозы, инсулина и гликозилированного гемоглобина HbA1c. Тем не менее значение результатов, полученных в этом исследовании, нельзя переоценить. Оно проложило путь к новому видению роли врача как активного наблюдателя за состоянием гомеостаза организма, наблюдателя, при необходимости готового к терапевтическому вмешательству.

## Ваш личный эксперимент

Таким образом, в персонализированной медицине метод пассивного наблюдения, со времен Гиппократов поддерживаемый принципом «не навреди», впервые может приблизиться к значительно более сильному, но невозможному для практикующего врача экспериментальному методу исследования. В качестве суррогата эксперимента выступают надлежащим образом задокументированные и отслеженные с помощью биомаркеров «нагрузочные тесты», неизбежно случающиеся в жизни каждого человека, — например, смена часовых и климатических поясов при поездке в отпуск или командировку. Документируется и реакция на физические нагрузки (если, допустим, пациент занимается триатлоном) и на пиковое эмоциональное напряжение; при этом вся совокупность наблюдений формирует лонгитюдный молекулярный профиль, который, вместе с генетическим паспортом, становится основой для персонализированного лечения.

Конечно, до повсеместного внедрения многоразового профилирования множества биомаркеров у одного и того же пациента пока далеко. Однако можно предсказать, что развитие персонализированной медицины приведет к полному изменению структуры «пирамиды внимания» практикующего врача. В настоящее время чем сложнее и тяжелее болезнь пациента, тем глубже его взаимодействие с врачом — чаще назначаются визиты, расширяется спектр назначаемых исследований, в результате множества последовательных измерений уточняются параметры лабораторных тестов. Адекватное выстраивание системы персонализированной медицины подразумевает, что врачи будут контактировать с клинически здоровыми людьми существенно чаще, чем с заболевшими.

В области персонализированной медицины фундаментальные исследовательские вопросы, а также вопросы практической помощи здоровым и заболевшим тесно переплетены с техническими и организационными моментами. Так, проведение долгосрочных исследований требует постоянного мониторинга пациента. Маловероятно, что здоровые люди

будут регулярно наблюдаться в стационаре, каждый час ходить в лабораторию и сдавать кровь. Тем более невероятно, что каждый образец крови или другого биоматериала будет подвергнут детальному анализу в исследовательской лаборатории. Поэтому развитие персонализированной медицины предусматривает усовершенствование методов исследования биологических образцов, а также их удешевление — например, путем перехода от дорогих и «штучных» протеомных исследований к анализу профилей метаболитов. Протеомный анализ (то есть анализ белков, производимых организмом в определенный промежуток времени) занимает 30—200 минут, тогда как метаболомный профиль, описывающий продукты обмена веществ, можно определить за 30 секунд. За счет разработки системно-биологических моделей, которые позволят по метаболомному профилю экстраполировать концентрации диагностически значимых белков, можно будет сократить как время, так и себестоимость анализа.

## Контур будущего

Итак, попробуем набросать контуры будущей эры персонализированной медицины — ведь мы установили, что основы необходимых технологий уже разработаны. Осталось лишь масштабировать их практическое использование, сделать их доступными каждому больному. Опыт говорит, что услуги представителей других «персонализированных» профессий, например телохранителя или личного водителя, эксклюзивны, то есть доступны далеко не каждому. А ведь общение с врачом необходимо каждому человеку. Более того, если врач станет лечить одного-единственного ВИП-пациента и кроме этого не будет иметь дополнительной практики, это закроет ему дорогу к лучшему средству повышения квалификации — увеличению личного опыта, а его может набрать, только наблюдая множество больных. Разница между трудом врача и трудом личного водителя, которому не нужно расширять круг клиентов, чтобы повышать профессиональные навыки, — огромна.

Наш мир — это система, включающая ограниченное количество очень состоятельных людей, для которых медицина в полной мере персонализирована, значительные слои населения стран, входящих в «золотой миллиард», и огромные популяции, для которых ограничен полноценный доступ даже к самой обычной медицине. Распространение методов персонализированной медицины — один из способов сделать более доступной систему медицинских услуг.

Увеличение затрат на диагностику и лечение пациентов из популяций, ранее получавших лишь рудиментарное медицинское обслуживание, полезно и тем, кто не может пожаловаться на качество базовой врачебной помощи, но желает ее дальнейшей персонализации. Работа с огромными массивами индивидуальных случаев, обеспечиваемая накоплением данных в электронных картах, ростом коллекций биологических образцов, эпидемиологическими исследованиями, включающими сотни тысяч наблюдений, — залог развития персонализированной медицины, которая невозможна без постоянного расширения базы знаний о полном спектре возможностей человеческого организма и репертуаре его ответов на физиологические и патофизиологические факторы.

Хороший пример коллективных общественных усилий — добровольное внесение в общедоступные базы данных индивидуальных «траекторий здоровья», что стало возможным в связи с развитием информационно-телекоммуникационных технологий (Reality Mining). Анализ этих данных не только способствует развитию одного из основных направлений персонализированной медицины — лонгитюдного мониторинга, — но и может существенно расширить наши представления о пределах нормы реакции и механизмах обеспечения гомеостаза.

Поскольку персонализированная медицина опирается на интернет-технологии, она демократична по своей сути. С одной стороны, мы можем представить себе успешного

бизнесмена А, готового выделить средства на мониторинг многих миллионов людей в надежде, что полученная сумма знаний или какая-то конкретная траектория окажется полезной для него лично. С другой стороны, ничто не мешает обмену информацией о накопленных «траекториях здоровья» между слесарем Б и учителем В. Заметьте, что случаи Б и В для бизнесмена А полезны лишь в той степени, в какой они являются отдельными страницами энциклопедии, состоящей из миллиона томов. В рамках этой концепции наибольшую пользу приносит сравнительный мониторинг здоровья всего населения, а не углубленное изучение одного-единственного, пусть даже постгеномного профиля богатого больного.

Ясно, что развитие постгеномных технологий неразрывно связано с развитием ИТ-сферы. Именно ИТ-прорывы делают возможной работу секвенсаторов и масс-спектрометров — эти приборы «читают» структуры молекул благодаря возросшей частоте работы кристаллов их микросхем, недавно преодоленных порогового объема и достаточной скорости записи на различные, в том числе «облачные», накопители данных. Следует ожидать, что и постгеномная персонализированная медицина будет развиваться по сходному сценарию.

В настоящее время состояние здоровья населения контролируется с помощью механизмов, которые можно сравнить с большими электронно-счетными машинами (БЭСМ), разработанными в СССР в 1950—1970 годах. Их выпускали ограниченными штучными партиями под жестким контролем использования со стороны государства — что напоминает современную систему стандартов в здравоохранении. Персонализированное использование БЭСМ было невозможно, как невозможна и персонализация врачебной помощи в сегодняшних медицинских стандартах. Однако в конце XX века мир изменился, и на смену БЭСМ пришли персональные устройства — компьютеры, планшеты, смартфоны, ноутбуки. Заметьте, что широкое распространение персональных БЭСМ не отменяет существования государственных суперБЭСМ — как распределенных, так и централизованных вычислительных мощностей, используемых для мониторинга общего состояния государственной системы.

Исходя из уже реализовавшегося сценария развития вычислительных технологий можно выстроить следующий сценарий развития медицины будущего. В новом десятилетии постгеномные технологии будут актуальными для персонализированной медицины в той степени, в какой они позволят редуцировать сложный молекулярный анализ до формата еще одного приложения в смартфон, которое позволит врачу увереннее и быстрее принять клиническое решение для конкретного пациента. Нетрудно представить, что на следующем этапе своего развития приложения для персонализированной медицины с экрана смартфона врача перейдут к пациенту, превратившись в «ответственную» самодиагностику и самолечение. Где пройдут границы такой «ответственности», пока определить невозможно, но, к сожалению, без широкомасштабных законодательных запретов этот шаг неизбежен. По-видимому, обществу придется методом проб и ошибок отыскать оптимальное решение для преодоления этой проблемы. Несомненно одно: даже при полной доступности персонализированных медицинских справочников центральной фигурой, отвечающей за здоровье человека, останется, как и в прошлые тысячелетия, врач.

## Заключение

Итак, мы разобрали концепцию персонализированной медицины и значение геномных и постгеномных технологий для ежедневной клинической практики. Вкратце напомним, что постгеномные технологии позволяют, образно говоря, взглянуть в организм отдельного человека и увидеть в нем индивидуальные молекулы, то есть составить индивидуальный «молекулярный портрет». Однако клиническая интерпретация огромных объемов молекулярных данных — это сложнейшая



задача, реализация которой запаздывает по сравнению с развитием технологий высокопроизводительного профилирования биологических молекул. Поэтому, за исключением некоторых специальностей, прежде всего онкологии, постгеномные технологии до сих пор остаются невостребованными в клинике.

Этим и определяется разрыв между надеждами, возлагавшимися на постгеномные технологии в последние десять лет, и фактическим подспорьем, которые эти технологии предоставляют для практической деятельности врача: оказалось, что широкое их использование в практической медицине невозможно. На данный момент масштабы внедрения постгеномных технологий в клиническую практику невелики, их применение ограничено рядом конкретных задач.

Преимущества персонализированного подхода к ведению больных очевидны. В онкологической практике персонализированное ведение больных уже внедрено в рамках таргетной терапии, когда те или иные лекарственные препараты назначаются после детального молекулярно-генетического исследования опухоли. Следующим шагом на пути персонализации должно быть молекулярно-генетическое исследование организма пациента, по возможности — на том этапе, когда организм достаточно здоров. Фармакогенетические тесты — первый серьезный инструмент персонализированной медицины, доступный лечащим врачам неонкологических специальностей.

Философия персонализированной медицины как взаимодействия между двумя людьми, пациентом и доктором, — не нова. Именно в этой форме медицина существовала с момента зарождения врачевания как одного из типов деятельности человека. Новые технологии персонализированной медицины, описанные в этой статье, например индивидуализации применения антитромботических средств и антидепрессантов, — дополнительный инструмент, позволяющий повысить качество оказания медицинской помощи. Как рандомизированные клинические исследования, так и метаанализы показывают, что в определенных случаях этот инструмент весьма эффективен, а значит, достижения персонализированной медицины высоко оценены и с позиций медицины доказательной. Не случайно многих врачей удивляет термин «персонализированная медицина»: ведь врач и так работает с каждым пациентом в отдельности, стремясь при этом индивидуализировать свои вмешательства. Следовательно, нам стоит ожидать, что технологии персонализированной медицины будут внедряться естественным образом по мере того, как в рандомизированных исследованиях, проводимых с позиций доказательной медицины, будет наглядно продемонстрирована их польза.

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

# Образование, которое нужно каждому

В.А.Острогорская

*Мне кажется, что вы больны чумой,  
а может, это грыжа или чирей.  
Мы с лекции тогда ушли домой,  
ну и потом, конечно, не учили....  
Ну вот, уже на лад пошли дела!  
Удачно как сработала вакцина.  
А говоришь, чуть-чуть не померла!  
Да здравствует наука медицина!*

Студенческая песня

## Если я заболею...

«Если я заболею, к врачам обращаться не стану. Обращусь я к друзьям...» — пусть они дадут телефон хорошего специалиста, которому доверяют, потому что он им помог, и вот к этому врачу обращаться уже можно.

Почему? Да потому, что в поликлиниках сейчас норматив времени, отпущенный на прием больного терапевтом, 12 минут, а специалистом, допустим, кардиологом — 15 минут. За это время пациент должен еще успеть раздеться, если, конечно, врач пожелает прослушать сердце и/или легкие, и одеться. Однако у некоторых немолодых пациентов с больными ногами проблема — дойти до стола доктора. А сам доктор должен за это время сделать записи в компьютерной или бумажной истории болезни (иногда в обеих), разобраться со всеми талонами и направлениями и еще выписать рецепты. А если пациент плохо слышит или не схватывает на лету? Все это хорошо знакомо, увы, многим. А вот ситуация в медицинском образовании менее известна. Между тем медицинское образование нужно каждому — потому что каждому может потребоваться образованный врач.

Все слышали шутку, как молодой специалист приходит на производство и ему говорят: «Забудьте все, чему вас учили в институте». У выпускника медицинского вуза проблема иная — вспомнить все, чему его учили в институте. Массив знаний, который за время учебы нужно было освоить, то есть прослушать на лекциях, прочитать в учебниках, выучить и сдать на экзаменах, огромен. Конечно, не всё и не сразу пригодится. Но за годы практической работы и кардиологу бывает нужно вспомнить, как устроен нос, потому что именно через нос, как ни странно, заводится электрод для предсердной электростимуляции сердца.

## Врач общей практики

В американском телесериале «Скорая помощь» мы видим молодых врачей на этапе резидентуры. После окончания медицинского института выпускники служат в многопрофильной скоройпомощной больнице, чтобы получить право работать врачами общей практики. Они осваивают все медицинские специальности, учатся делать лечебные и диагностические манипуляции с глазами и ушами, при травмах, ожогах, болезнях сердца и легких, в акушерстве и гинекологии, сами оценивают рентген и МРТ. И занимаются они этим, переходя из отделения в отделение, а иногда из госпиталя в госпиталь, семь лет. Даже если студент хочет посвятить себя «чистой» науке, он должен все уметь.

У нас с медицинской специальностью «врач общей практики» проблема, потому что к шестому курсу обучения в медицинском институте все уже делятся в основном на терапевтов, хирургов и акушеров-гинекологов. Основная масса выпускников, как



правило, становится терапевтами. После шестого курса можно специализироваться один год в интернатуре или два года в ординатуре, опять-таки по терапии, хирургии или акушерству, либо по более узкой специальности — неврологии, урологии, офтальмологии или, допустим, оториноларингологии. Все это происходит обычно в солидных университетских клиниках или клинических больницах, где рядом с врачами-специалистами работают сотрудники кафедр медицинских институтов. Кроме ежедневной практики там обычно проводят клинические разборы интересных случаев, конференции, профессорские обходы. Дальше, если есть желание продолжить учебу, заняться наукой, можно поступить в аспирантуру, защитить диссертацию.

Но даже если врач не идет в аспирантуру, он учится в течение всей своей профессиональной жизни на различных курсах повышения квалификации, проходит всяческие специализации, осваивает необходимые ему в практике методы обследования и лечения больных. Каждые пять лет нужно сдавать экзамен для получения сертификата, удостоверяющего соответствие необходимому уровню подготовки по специальности. Для этого обычно учатся на двухмесячных курсах, где можно узнать обо всем новом и вспомнить старое.

Однако все это не дает права работать «врачом общей практики». Как превратить в таких специалистов терапевтов поликлиник? Для этого их посылают на первичную специализацию. Конечно, не на семь лет, а на несколько месяцев (504 учебных часа, из которых половина времени — учеба без отрыва от работы, а частично — обучение дистанционное). За короткое время на тренажерах необходимо освоить гинекологию и офтальмологию, с которыми терапевты теоретически знакомились когда-то в институте. Предполагается поставить в кабинетах поликлиники гинекологическое кресло, аппарат для осмотра глазного дна и прочее. Выручат ли такие новоиспеченные специалисты широкого профиля наши поликлиники? Пока всего в нескольких московских поликлиниках открыто по одному кабинету.



Художник Н. Рысс



## ДИСКУССИИ

мирования клинического мышления, чему и у нас традиционно придавали большое значение.

Дальнейшее обучение возможно по двум направлениям — резидентура в течение 2–2,5 лет по специальности «врач общего профиля» или интернатура по узкой специальности со сроком обучения 4–4,5 года. Резидентура проходит в университетских клиниках или госпиталях крупных исследовательских центров. Дальше практика у врача-терапевта, потом защита диссертации и экзамен по теории, после чего вручается диплом доктора медицины. Затем следует еще одна практика, и наконец выдается документ о квалификации по общей медицине.

Выбравший узкую специализацию врач-интерн выполняет обход в отделении, ведет амбулаторный прием больных, дежурит в приемном отделении, выполняет лечебные и диагностические процедуры. Хирурги-интерны оказывают больным экстренную помощь, принимают участие в операциях и оперируют самостоятельно. Одновременно врачи-интерны повышают свою теоретическую подготовку. Они изучают смежные медицинские специальности, информационные системы, основы управления медицинскими учреждениями, юридические аспекты работы врача. Интерна могут направить и в зарубежные клиники. После окончания интернатуры врач сдает экзамен и получает сертификат. Можно продолжить обучение еще два или четыре года, и потом сдать очередной экзамен на врача-специалиста. Такой врач уже может вести преподавательскую и научно-исследовательскую работу, а также заниматься частной практикой, что и предпочитают в последнее время французские врачи.

В Германии доклинический этап обучения продолжается два года — естественные, основополагающие медицинские и гуманитарные науки, оказание экстренной помощи и уход за больными, включая практику. Изучаются базовые медико-биологические дисциплины, как у нас на первых курсах. Если студент сдает первый государственный экзамен, его допускают к клиническому этапу обучения. Клинический этап: общая патология, методы врачебного и лабораторного обследования больного. Наряду с теоретическими знаниями студенты обучаются практическим навыкам работы у постели больного. Изучаются алгоритм постановки диагноза и разработка плана лечения, клинические дисциплины, радиология, иммунология, фармакология, микробиология и генетика.

Практика под руководством курирующего врача проходит в течение года в университетской клинике или одной из клинических больниц. Есть и дежурства на «скорой помощи». По окончании практики сдается еще один государственный экзамен, вслед за тем выдается диплом врача с правом работы по профессии.

В Чехии скромнее: после окончания курса теоретических и общеклинических дисциплин следует двухгодичная интернатура, как специализация.

### А у нас?

В России решено реформировать медицинское образование в связи с непростыми проблемами в здравоохранении. Считается, что стационары перенасыщены врачами, в то время как в поликлиниках, напротив, ощущается нехватка врачебных кадров. В дефиците сейчас и средний медицинский персонал. На одного врача у нас приходится одна-две медсестры, а в развитых странах три — пять. Это ограничивает возможность патронажа, долечивания и ухода за больными на дому.

Не в том ли беда, что чиновники высокого ранга, которые придумывают, как бы устроить здравоохранение для большей части населения за все меньшие деньги, не пойдут к таким специалистам, а отправятся в свои ведомственные поликлиники и больницы или платные клиники, где врач работает в лучших условиях, а пациенту может уделить больше времени?

### А как у соседей?

Во Франции будущие врачи сначала изучают теоретические фундаментальные дисциплины — бактериологию, фармакологию, эпидемиологию, а еще демографию, экономику и организацию системы здравоохранения. Плюс иностранные языки, психологию и медицинскую этику.

На втором и третьем году обучения студенты проходят клиническую практику, работают на должностях младшего медицинского персонала. Следующий этап обучения длится четыре года. Сначала диагностика терапевтических и хирургических заболеваний (как наша пропедевтика и общая хирургия). Одновременно госпитальная стажировка, и после успешно выдержанного экзамена студентов допускают к дальнейшим клиническим занятиям по частной патологии. Это двадцать обязательных дисциплин и две по выбору. Будущие врачи работают в различных отделениях госпиталя под руководством преподавателей, принимают участие в лечении больных, оказании экстренной помощи, помогают в хирургических операциях в качестве ассистентов.

По окончании каждого семестра — экзамен, включающий тестирование, анализ клинических ситуаций, осмотр больных с анализом лабораторных данных, чтением рентгенограмм и прочее. Потом сертификационные экзамены, причем много внимания уделяют непосредственному общению со студентами. Компьютерные тестовые технологии уходят в прошлое, уступая место живому диалогу (а у нас сейчас на всех кафедрах — тестирование). И на первое место в дальнейшем обучении выходит самостоятельная работа студентов. Это необходимо для фор-

Катастрофически не хватает врачей в сельской местности и отдаленных районах. Молодые специалисты не рвутся работать в регионах с низкой зарплатой, плохо развитой инфраструктурой и отсутствием социальных благ. Как ни пытается государство привлечь молодежь, даже с денежной компенсацией в качестве подъемных, желающих мало.

Министерство собирается внести изменения в образовательные стандарты подготовки медицинских кадров. Министр здравоохранения считает, что стоит повысить требования к базовой подготовке студентов первых курсов, чтобы обеспечить не только достаточный «общекультурный» и «общенаучный» уровень любого выпускника медицинского вуза, но и более глубокое ознакомление с будущей профессией. Для этого на первом этапе обучения, кроме изучения базовых дисциплин, студенты должны овладевать знаниями и навыками, необходимыми для младшего медицинского персонала, и получать право работы в этом качестве. Предполагается следовать Болонской системе, и, чтобы продолжить образование, нужно будет сдавать экзамен в магистратуру. Первый этап последипломного образования — интернатуру — предложено заменить продолжительной ординатурой от двух до пяти лет. Например, если вы решили стать нейрохирургом, после шести лет обучения на лечебном факультете института надо учиться еще пять лет в ординатуре. До ординатуры предполагается обязать выпускников отработать три года в поликлинике. Только как они это будут делать, если обучались в основном на симуляторах и фантомах и практически не занимались лечением больных? Вот такие изменения в системе образования ожидают в будущем студентов медиков.

Изменится также и порядок аккредитации врачей. Вместо сертификата по специальности медики будут получать отдельные дипломы на право применять ту или иную медицинскую манипуляцию или методику. Для этого каждый раз нужно будет сдавать специальный экзамен. Выпускники вузов обязаны будут иметь не менее 15 таких сертификатов. Кроме того, будет введена система лицензирования, как на Западе.

Вроде бы хорошие идеи? Однако в связи с подписанием Болонской декларации и в систему образования наших медицинских вузов вводится так называемая симуляционная методика обучения. В Европе экзаменуемые студенты демонстрируют свои врачебные навыки на специально обученных актерах, изображающих больных. Теперь и наши студенты, вместо живых курируемых больных, будут отрабатывать свои навыки на фантомах, муляжах и симуляторах, которые, как считают в министерстве, смогут полностью инсценировать ту или иную клиническую ситуацию. Но каждый, кому приходилось выслушивать фонендоскопом сердечные тоны и шумы у реального больного или ловить иглой «убегающую» вену, усомнится в том, что этим навыкам можно обучиться на тренажерах. Между куском пластмассы с заданной программой и живым человеком большая разница. Ушли, к

сожалению, в прошлое занятия анатомией на специально подготовленных трупах. Вероятно, не хватает финансирования для обновления базы учебных препаратов. Студентам показывают слайды. Не потому ли все чаще хочется задать молодым докторам вопрос: «Вы вообще знаете, как устроен человек?»

«Не открывайте капот машины, и все будет хорошо», — советуют некоторым женщинам, когда они покупают автомашину. Не напоминает ли это обучение лечению больных без больных?

## Биография врача

Моя бабушка получила диплом зубного врача до революции. Можете себе представить, как ей трудно было этого добиться, если она родилась в еврейском местечке, в семье бедного и многодетного преподавателя хедера. У него дома учились мальчики из местечка, а бабушка сидела за ветхой занавеской и оттуда постигала еврейскую премудрость, потому что была любознательной и упорной. Товарищ ее отца, который преподавал в местной гимназии для русских детей, выучил бабушку русской грамоте. Потом она экстерном окончила гимназию, поступила в Зубоврачебный институт в Киеве, получила право работать зубным врачом, а заодно и жить вне черты оседлости. У меня хранятся бабушкин диплом и чемоданчик с инструментами. С ним бабушка поехала на два года «на периферию», в далекий северный поселок Песь, чтобы получить право работать при советской власти. Позже стала челюстно-лицевым хирургом, оперировала в военном госпитале на озере Хасан и в блокадном Ленинграде. И моя мама решила, что я тоже должна стать врачом. Так я в 1965 году поступила в 1-й МОЛМИ (Первый Московский Орден Ленина медицинский институт им. И.М.Сеченова).

В то время после пяти лет изучения теоретических и общеклинических дисциплин студент мог выбрать одно из трех основных направлений: терапия, хирургия или акушерство. Шестой курс — субординатура по терапии — у меня проходил в большой клинической больнице. Наш куратор, замечательный Олег Иванович Сергеев, смотрел в наши честные пустые глаза и спрашивал: «Вы вообще медициной интересуетесь?» Позади семинары, лекции, экзамены, веселая студенческая жизнь, первая любовь. Но что такое интерес к медицине, о чем это? Я была хорошисткой, почти отличницей, но плохо себе представляла, что меня может по-настоящему заинтересовать в профессии врача. Мои родители были известными искусствоведами, в доме говорили об искусстве, с детства меня водили по мастерским художников. А многие мои соученики выросли во врачебных семьях, где за обедом обсуждали больных и болезни.

«Ты интересуешься искусством? Я тебе докажу, что медицина — искусство!» — сказал Олег Иванович, который сочувственно отнесся к моим сомнениям. И продемонстрировал, как от образованности и таланта врача может зависеть результат лечения. Это было убедительно и увлекательно, и медицина заинтересовала меня всерьез. По распределению я попала на московскую

## Болонская система: что это такое и почему не все ей рады

К Болонскому процессу Россия присоединилась еще в 2003 году. основополагающие принципы Болонской декларации предполагают:

- автономию и ответственность университетов;
- переход на двухуровневую подготовку специалистов (бакалавр, магистр);
- введение системы кредитов как средства студенческой мобильности;
- принятие системы легко понимаемых и сопоставимых академических степеней;
- обеспечение высокого уровня качества образования на основе сопоставимых критериев и методик и внедрение системы непрерывного образования;

— совместимость приобретенных студентами в вузах знаний, умений и навыков с современным рынком труда.

Прекрасно звучит, но как это сделать? Как готовить в медицинских вузах бакалавров с трех-четырёхлетним образованием? Как сопоставить уровень подготовки бакалавра и выпускников медицинских колледжей, где срок обучения — те же три-четыре года? Выпускники наших медицинских институтов имеют уровень квалификации не ниже магистра — к чему вводить бакалавриат в высшем медицинском образовании? Как перейти в высшем российском медицинском образовании к Европейской кредитно-трансфертной системе, когда каждый студент лично участвует в формировании своего индивидуального плана

обучения? Кредит — это одна зачетная единица, условно принимаемая равной 36 часам. Студент каждый учебный год может выбрать столько кредитов, сколько он считает нужным. Но тогда кредиты должны быть едины в медицинских вузах страны и сопоставимы с европейскими. Кто и когда их разработает? Должны ли кафедры вузов самостоятельно разрабатывать эти кредиты и по какой методике? Каковы европейские стандарты и где их взять? Поскольку в России не существовало кредитной системы, то необходимо разрабатывать кредиты по всем дисциплинам, а это, с учетом инертности системы высшего образования, потребует много труда и времени. Еще одна проблема — введение системы сопоставимых академических степеней.

«скорую». Но сначала нужно было пройти годичную интернатуру по неотложной терапии. Мы знакомимся с работой отделений неотложной кардиологии, терапии, неврологии, Центра по лечению острых отравлений. И наконец, стажировка на Центральной подстанции скорой, в знаменитых «Склифах». «Скорая» стала для меня школой жизни; не обошлось без подколов, вроде продувания макарон на флоте. И все же я благодарна старослужащим коллегам, которые научили меня не только премудростям экстренной медицины, но и как вести себя в разных сложных ситуациях.

Появилась возможность сначала участвовать в принятии решения, а вскоре и самой решения принимать. Приходилось много читать, учиться у старших товарищей и на опыте. И я всегда стремилась к тому, чтобы в моих профессиональных действиях была некая искра. Дальше — двухгодичная ординатура в клинической больнице, с кафедрами, профессорами, разборами и конференциями. Но, главное, нужно было дежурить ответственным терапевтом по больнице — в «дежурное» время этот человек и решает все сложные вопросы, и отвечает за все. Например, спорят травматолог и невролог, в какое отделение положить или даже, может быть, отпустить домой пьяного с разбитой головой, а решает ответственный терапевт.

По окончании ординатуры была работа, которая перемежалась курсами последиplomной учебы по функциональной диагностике (это такая медицинская специальность). И наконец, я стала совмещать работу специалиста по ультразвуковой диагностике болезней сердца и сосудов с преподаванием этой специальности в системе последиplomного образования. Это — типичный профессиональный маршрут врача, который решил посвятить себя не чистой науке, а практической деятельности одновременно с преподаванием.

## Проблемно-ориентированное обучение — что это?

В разных странах по-разному организуют обучение профессии врача, но методические проблемы преподавания везде одни и те же. Люди-то устроены одинаково! И во всем мире преподаватели задают вопрос: как повысить эффективность обучения? Как добиться того, чтобы предлагаемый материал не вылетал из головы, а полученные знания становились активными? «Включи голову», «Все зависит от тебя» — такие призывы можно прочитать на билбордах вдоль дорог. Для эффективного обучения включить голову тоже необходимо.

В последнее время в нашей стране, особенно в системе последиplomного образования, завоевывает позицию методика проблемно-ориентированного обучения, которую давно практикуют медицинские школы Америки, Канады и Австралии. Главное отличие от привычных методик — это не заучивание прочитанных лекций и учебников, а активное аналитическое освоение, то есть освоение материала с разбором и анализом с помощью преподавателя-наставника. Вместе с преподавателем обучающиеся решают конкретные диагностические и терапевтические задачи. Это позволяет им потом, в реальной практике, решать подобные задачи самостоятельно. Студенты сами ищут информацию по теме, а преподаватель помогает им осмыслить прочитанное и применить практически полученные активно знания. Здесь ключевые слова — «активно» и «самостоятельно». И такой способ обучения настолько непривычен, что приходится преодолевать сопротивление учащихся, требующих, чтобы им все рассказали и указали, на какой странице это написано. Практика показывает, что пассивно полученная информация быстро улетучивается из памяти, а те сведения, которые добыты активно и самостоятельно, навсегда запоминаются.

Довольно скоро наши студенты, поверив, что успех зависит от них самих, с энтузиазмом берутся за дело. Преподавателю остается поддерживать обратную связь с учащимися, чтобы убедиться в том, что усвоена каждая тема, прежде чем перейти к следующей. Такой тип занятий больше подходит для небольших групп учащихся, когда можно установить с каждым студентом отношения сотрудничества, какие сложились у меня в субordi-



ДИСКУССИИ

натуре с Олегом Ивановичем. Пусть полученные знания понадобятся не все и не сразу, но тот, кто научился, пользуясь разными источниками информации, добывать знания, не пропадет. Этот навык пригодится потом. А в процессе занятий преподаватель поможет из огромного массива знаний выделить главное. Поэтому вместо чтения лекций мы задаем ученикам вопросы, чтобы понять, что они знают хорошо, а в каких вопросах чувствуют себя неуверенно. И занимаемся именно этим. В результате наши ученики готовы решать нестандартные задачи. Они сами знают, готовы ли к самостоятельной работе. И это важнее экзамена.

Эхокардиография — довольно сложный метод диагностики. Какие тренажеры?! Ведь не встретишь двух одинаковых пациентов! Наша задача — визуализировать сердце, его структуры, определить его размеры, сократимость. Бывают толстые пациенты, бывают худые, с деформациями грудной клетки, с легкими повышенной воздушности, через которые плохо проходит ультразвук, с удаленным легким, когда органы средостения смещены, что тоже создает проблемы с визуализацией. Тот, кто учился на тренажере, справится только с идеальным пациентом — а много ли таких? Медицинская практика — это решение конкретных, нестандартных задач. Более того — мы убедились, что чем лучше студент отработал ручной навык, чем лучше у него получается визуализировать сердце, тем лучше он понимает и запоминает теорию.

В Филадельфии есть Музей науки, в котором можно забраться в огромное сердце (см. фото) и полазить через клапаны из одной его камеры в другую. Так посетитель может себе представить, что происходит внутри сердца, как кровь попадает из сердца в большой круг кровообращения и т. д. Половина интересующихся — детишки младшего школьного возраста; кто-то из них станет врачом.

Можно только пожелать тем, кто собирается учиться медицине, не потерять интереса, не снизить градуса любознательности на длительном и трудном пути обучения профессии, а преподавателям медицинских школ всех уровней — использовать эффективные образовательные методики и не забывать, перефразируя завет корифеев отечественной медицины, что врачам предстоит лечить (и обследовать) не болезнь, а больного. А тем, кто реформирует и экономит, — не зареформировать и не зазаконить насмерть.



# Жизнь после сетей

Энергетические распределительные сети размером с целые континенты — без сомнения, наиболее грандиозные сооружения, созданные человечеством. Никакие пирамиды, никакие небоскребы не сравнятся с этими огромными комплексами, объединяющими сотни электростанций, тысячи трансформаторных подстанций, десятки тысяч километров линий электропередачи и сотни миллионов розеток.

Никакие горящие точною своих расписаний транспортные средства, даже оркестры, играющие сложнейшие произведения, и близко не подходят к точности диспетчеризации электрических сетей, где разнесенные на сотни километров генераторы должны совпадать по фазе переменного тока с частотой 50Гц и каждую секунду должно вырабатываться ровно столько же энергии, сколько потребляется. У вас на кухне реле выключило холодильник — где-то на электростанции генератор снизил обороты.

Это огромная система, на поддержание которой приходится тратить бешеные деньги, и система крайне уязвимая. Недавно в США подсчитали, что достаточно разрушить девять подстанций и вся страна погрузится в темноту [1].

До недавнего времени альтернативы распределительным сетям не было. Любая электростанция, малая ли, большая, требовала обслуживания. При этом у больших электростанций на каждого потребителя приходилось меньше сотрудников, чем у малых. Кроме того, большое число потребителей отчасти сглаживало колебания потребления энергии во времени.

Поэтому на протяжении всего XX века шел процесс концентрации производства энергии, росли мощности электростанций, объемы их водохранилищ, площади золоотвалов. А плотины малых ГЭС, которые в отличие от гигантских не нарушают водный режим, а, наоборот, регулируют его, приходили в упадок.

В последнее время ситуация несколько изменилась. Во-первых, со-

Художник С.Тюнин



временные альтернативные источники энергии требуют минимального обслуживания. Солнечные батареи вообще его практически не требуют, и уже сейчас многие ставят их на свои крыши.

А во Франции даже оговорено в законе, чтобы при строительстве новых зданий коммерческого назначения крыши как-то утилизировали падающие на них солнечные лучи [2], либо солнечными батареями, либо растениями.

Во-вторых, потребности сначала носимой электронной техники, а потом и электромобилей привели к развитию аккумуляторных технологий, и в прошлом году Элон Маск, владелец автомобильной компании «Тесла» и компании «Сан-сити» по производству солнечных батарей, анонсировал аккумуляторные батареи для дома.

Сейчас в более солнечных краях, чем наша холодная Россия, с крыши

уже можно снять больше энергии, чем требуется для обеспечения домохозяйства. Но производится эта энергия в основном в середине дня, а тратится утром и вечером.

Как только энергию стало возможным запасать, у распределительных сетей стали возникать опасения [3], что их бизнес-модель под угрозой.

Надо сказать, что эту угрозу создает не только развитие альтернативных источников энергии. Меняется и характер потребления энергии в быту. Уже сейчас вместо прожорливых лампочек накаливания ставят светодиодные лампы, обеспечивающие ту же освещенность при вдвое меньшем потреблении. Прожорливые компьютеры-десктопы многие пользователи променяли на планшеты, способные проработать от аккумулятора чуть ли не полный рабочий день. Не ради экономии энергии, а ради свободы от



## МЫСЛИ О БУДУЩЕМ

ния КПД лампочки или нагревательного устройства для приготовления пищи, объективных пределов для совершенствования теплоизоляции жилья практически нет. И если использовать современные конструкционные материалы, многослойные стеклопакеты, рекуперативную вентиляцию, устроенную так, что покидающий дом теплый воздух нагревает входящий холодный, то даже при русских или финских морозах тепла, которое так или иначе выделяют при своей жизнедеятельности люди (включая готовку пищи), может хватить для отопления дома.

А как же быть с заводами и фабриками? А никак. Крупное промышленное предприятие может себе позволить собственную электростанцию. Более того, собственная генерация в промышленности — это сейчас тренд, потому что естественные монополисты — распределительные сети — оказываются даже не столько дорогими, сколько неповоротливыми, не готовыми реагировать на быстро меняющиеся потребности клиентов.

И в результате удаленные потребители в небольших населенных пунктах будут получать плоды централизованной генерации энергии не в виде собственно энергии, а в виде устройств, предназначенных для ее выработки (солнечных батарей, ветряков) или сбережения.

**Виктор Вагнер**

проводов — но экономия при этом существенна. Микроволновки и электроиндукционные конфорки приходят на смену электроплитам. Даже электрочайники вытесняются бойлерами-термосами, которые не столько греют воду, сколько хранят нагретую.

В результате, вероятно, в ближайшие десятилетия все многочисленные электроприборы в современном доме будут потреблять примерно столько же, сколько три-четыре лампочки и уют в середине XX века.

Поэтому отдельно стоящему хутору или даже небольшой деревне, может, уже сейчас выгоднее не связываться с неповоротливыми монополистами — энергетическими сетями, а обеспечивать каждый дом электричеством самостоятельно.

А что у нас с теплом? Сети централизованного теплоснабжения, которыми

так гордился Советский Союз, тоже оказываются не слишком экономичной технологией. Во-первых, необходимость отдавать в тепловые сети воду с температурой, близкой к температуре кипения, заметно снижает КПД выработки электроэнергии. Во-вторых, велики потери тепла в распределительных сетях. В-третьих, горячая вода агрессивно разрушает практически любые материалы, поэтому трубы приходится регулярно заменять, раскапывая газоны и ломая асфальт.

В итоге получается, что дешевле греть воду электрическим бойлером, чем тянуть многокилометровый теплоизолированный трубопровод от ТЭЦ, не говоря уж о том, что газовая котельная в каждом доме намного экономичнее большой ТЭЦ, если учесть все затраты.

К тому же, хотя существуют объективные физические пределы повыше-

1. <http://www.darkreading.com/threat-intelligence/project-gridstrike-finds-%20substations-to-hit-for-a-us-power-grid-blackout/d/d-id/1323788>

2. <http://csglobe.com/france-declares-all-new-rooftops-must-be-topped-with-plants-or-solar-panels/>

3. <http://motherboard.vice.com/read/why-morgan-stanley-is-betting-that-tesla-will-kill-your-power-company>

# О птичках, зеках и альтруизме

В прошлом номере мы обсудили поведенческие стратегии с точки зрения теории игр. Соотношение в популяции миролюбивых «голубок», склонных к де-лежу по справедливости, и агрессивных эгоистичных «ястребов», оказывается, четко определяется соотношением риска и выгоды от агрессии. Пока ресурс, который можно отобрать, соблазнителен, а вероятность получить по лбу мала, число драчливых жадин будет расти, и это можно изобразить на графике. Сходным образом соблазн выгоды от эгоистичного поведения делает неустойчивым оптимум по Парето в дилемме заключенных. Если бы оба поделника отказались говорить на допросе, то оба получили бы всего по два года. «А если я буду сотрудничать и выйду на свободу, а поделник промолчит и получит восемь лет?» — нехорошо, но настолько выгодно, что в итоге получается равновесие по Нэшу: заключенные уличают друг друга и оба садятся на пять лет... Теперь поговорим подробнее: какие природные и общественные механизмы поддерживают «невыгодную» альтруистическую модель?

С детства нас учили, что добрым быть хорошо, а злым — плохо. Что надо бескорыстно помогать другим людям, прилежно платить налоги, а в случае войны жертвовать своей жизнью во имя Родины. В общем, быть голубками в бесконечной череде игр «ястреб — голубка». К такому поведению склоняют религия и мораль; это впитано нами настолько давно, что многие из нас даже не задумываются: а с какой, собственно, стати я кому-то что-то должен? Сам вопрос звучит цинично, поэтому предлагаю, рассматривая его, в полной мере осознавать свою безнравственность.

В словарях альтруизм определяется как готовность бескорыстно действовать на пользу другим, не считаясь со своими интересами. Казалось бы, естественный отбор давно должен был отбраковать всех желающих осчастливить мир за свой счет. Однако этого не происходит, и подтверждение тому — множество примеров из животного мира. Даже среди простейших есть альтруисты. Например, *Escherichia coli* образует в нашем кишечнике биопленку, которая очень ресурсозатратна для каждой отдельной бактерии, но в целом помогает колонии выжить в этой не очень дружественной среде. Некоторые, конечно, халхают — должен же кто-то быть «ястребом», — но тем не менее биопленка существует, и это — результат множества маленьких актов альтруизма. Среди *E. coli* есть даже камикадзе, которые буквально взрываются, выпуская наружу смертоносный для врагов колицин. Так зачем же они это делают?

Эволюционные биологи определяют альтруизм несколько уже — это поведение, которое приводит к увеличению вы-



живания и/или увеличению числа потомков других особей, не являющихся прямыми потомками альтруиста, и к уменьшению вероятности выживания альтруиста и/или числа его потомков.

Бытует мнение, что он нужен живым существам для сохранения вида. Но такой подход оставляет много вопросов. Почему именно вида, а не порядка, типа или даже домена? И вправду, почему бы нам не позаботиться обо всех эукариотах так, как мы заботимся о ближнем? И почему мы все-таки радеем о себе и своей семье больше, чем о других представителях нашего вида?

Ответ на этот вопрос дает теория кин-отбора (от англ. kin — семейство, родичи), предложенная английским биологом и философом науки Джоном Холдейном. Суть ее в том, что чем ближе генетически два живых существа, тем более они склонны заботиться друг о друге — здесь имеется в виду забота не только о детях, но и о других членах семьи.

Идею Холдейна продолжил британский эволюционный биолог Уильям Гамильтон. В 1963 году он сформулировал правило семейного отбора, согласно которому гены, которые при определенных условиях уменьшают шансы особей на размножение, могут распространиться в популяции, когда величина вклада в размножение других особей больше, нежели цена помощи. В таком случае эта особь производит больше копий своих генов, чем за счет траты всех ресурсов на собственное размножение.

Математическим языком это правило можно сформулировать так: если  $r$  — степень родства между особями (чем выше  $r$ , тем более близки родственники),  $c$  — репродуктивная успешность особи-эгоиста,  $b$  — увеличение успешности выживаемости другой особи в случае альтруизма первой, то при  $rb > c$  средняя приспособленность альтруистов будет выше таковой у эгоистов и количество копий генов альтруизма должно увеличиваться.

Правило Гамильтона заставляет задуматься: а так ли бескорыстен альтруизм на самом деле? Если рассматривать акты альтруизма не с точки зрения отдельной особи, а с точки зрения гена, для которого цель оправдывает средства, то в итоге мы получаем махровый эгоизм.

В социуме все работает по таким же законам: чем теснее родство и чем меньше твой собственный урон, тем вероятнее ты поможешь другому. Характер человека, конечно, тоже определяет его поступки — многие готовы дать монетку нищему, но далеко не каждый полезет спасать незнакомца из горящего дома. Стоит заметить, что люди не делятся строго на «ястребов» и «голубок» — в разных ситуациях они выбирают различные стратегии, но в среднем в обществе устанавлива-

Продолжение. Начало в № 2, 2016.

ется определенный уровень «ястребиных» поступков. Примечательно, что и «голубкам», и «ястребам» выгодно, чтобы второй игрок был «голубкой» — при встрече с ней ты точно не понесешь урон и что-то да получишь, либо всю добычу, либо ее половину. Поэтому вполне логично убеждать других быть «голубками».

Теперь становится понятно, почему бактерии все-таки делают биопленку. Каждая из них чуть-чуть жертвует собой, расходуя свои ресурсы на общественное благо, но благо-то это — для ее же сестер, а для них и не жалко. Получается микробный вариант налогообложения: каждый отдает небольшую часть личных ресурсов в общую кассу, они тратятся на пользу всей группы, все остаются в выигрыше (это вариант, когда все «голубки», или, в случае дилеммы заключенного, никто не выдает товарища). Если некоторые начинают филонить — в общую кассу ничего не дают, а ее благами пользуются, — система продолжает работать, пока таких халявщиков не очень много. (Случай, когда кто-то забирает из общей кассы, мы обсуждать не будем: это уже выходит за рамки противопоставления «альtruизм/эгоизм» и называется эгоцентризмом.) Утешает то, что, когда хлебников становится слишком много, против них начинает действовать отбор — иначе бы вид просто вымер. К тому же воздаяние зачастую приходит оттуда, откуда не ждали. У *E. coli* стремление к халяве обусловлено мутацией в гене *groS*, который отвечает и за множество других функций — например, противостояние кислоте и вход в стационарную фазу в случае голода или других неблагоприятных факторов. Так что порой этим хитреньким ребятам точно не позавидуешь.

Каждый человек ежедневно играет во множество игр — с членами семьи, коллегами и старушками в автобусе. И если поведение животных определяет естественный отбор, то мы, как существа сознательные, можем сами выбрать для себя оптимальную стратегию.

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

Равновесие по Нэшу

В 1970-х годах ученый-политолог Роберт Аксельрод задался вопросом: каким образом случаи кооперации могут возникнуть в обществе эгоистов? На языке эволюционной биологии это будет звучать так: в каком случае организмы, не связанные родственными узами, станут кооперироваться, то есть приходиться к оптимуму по Парето, а не к равновесию Нэша? Напомним, что содружество актинии и рыбы клоуна — это как раз случай равновесия Нэша.

Аксельрод организовал турнир по игре в дилемму заключенных, в котором принимали участие люди, использующие разные стратегии (каждый выбирал одну из 63, предложенных ученым). Вот некоторые из них:

- кооперация: никогда не выдавать;
- без кооперации: выдавать всегда;
- «ты мне, я тебе»: в первом раунде не выдать, в каждом последующем делать то же самое, что сделал второй игрок в предыдущем раунде;
- злопамятность: в первом раунде кооперироваться и продолжать в том же духе до тех пор, пока противник не сдаст; после этого сдавать его всегда, независимо от того, как он будет дальше играть;
- дело случая: каждый раз поступать произвольно.



Собрав огромное количество статистического материала, Аксельрод пришел к выводу, что самая выигрышная стратегия — «ты мне, я тебе». Сам он прокомментировал это так (перевод не дословен): «Что касается стратегии “ты мне, я тебе”, ее успех обусловлен комбинацией любезности, воздаяния по заслугам, великодушия и ясности. Ее любезность (кооперация в первом раунде) предотвращает игрока от попадания в ненужные неприятности. Воздаяние по заслугам (наказание за отказ от кооперации) не позволяет другой стороне продолжать не кооперироваться. Великодушие (готовность к кооперации, даже если раньше были отказы кооперироваться) помогает восстановить взаимовыгодное сотрудничество. Ясность делает эту стратегию понятной для других игроков и помогает установить продолжительную кооперацию».

Этот эксперимент описывает другой вид альтруизма — взаимного, или реципрокного. Он не предполагает родственных связей между игроками, а основывается на том, что игрок жертвует своими интересами ради другого, ожидая при этом ответной жертвы. Такой вид альтруизма распространен не только у людей, но и у многих животных, обладающих достаточно развитым интеллектом для того, чтобы помнить историю своих взаимоотношений. Например, летучие мыши-вампиры не способны прожить больше двух суток, не попив чьей-нибудь крови. Поэтому если мышь сумела к кому-то присосаться, то она напьется вдоволь — и за себя, и за менее удачливого товарища, которому отгрызнет часть крови по прилете домой. Казалось бы — сиди себе в пещере и жди, когда товарищи принесут тебе попить. Но нет, мыши-вампиры хорошо запоминают тех, кого угощали и не получили ответного подарка, и в следующий раз подумают, кормить ли бездельника («Химия и жизнь», 2015, 5). Так что халявщики у них долго не живут.

Принцип «ты мне, я тебе» очень хорошо работает наряду с родственным альтруизмом. Слишком скрупулезно рассчитывать свою выгоду, конечно, не стоит — это неприятно и занимает много времени. Но если кто-то пытается вас убедить, что надо обязательно пожертвовать собой ради блага общества или великой идеи, тут уже неплохо бы задуматься: не ему ли конкретно нужна эта великая идея и не себя ли он понимает под «обществом».

В заключение хочу сказать, что для подготовки к этой статье нещадно использовались книги Ричарда Докинза «Эгоистичный ген» и В.Н. Колокольцова и О.А. Малафеева «Математическое моделирование многоагентных систем конкуренции и кооперации. Теория игр для всех», а также, несколько меньше, — «Микрокосм *E. coli* и новая наука о жизни» Карла Циммера. Приношу этим авторам свою благодарность и очень советую почитать их книги.

С.Рубина



# Нейрохимия колыбели

Доктор биологических наук  
**Д.А.Жуков**

Почему маленького ребенка укладывают в колыбель, в покачивающуюся кроватку? Некоторые врачи решительно выступают против этой древней практики, и все же дети самых разных народов проводят первые месяцы жизни при постоянном раздражении вестибулярного аппарата (рис. 1). Все матери знают, что покачивание успокаивает младенца. Да и малыши постарше, годовички, тоже любят, когда их носят на руках. Конечно, играют роль и тепло тела матери, и ее воркование, создающие чувство защищенности, но очевидно, что успокаивает ребенка и само по себе ритмическое движение. Уставший на прогулке ребенок просится «на ручки». Но для комфорта недостаточно оказаться на руках у родителя, надо, чтобы тот шагал. Если родитель сядет или почему-то остановится, сразу начинаются хныканье и требования продолжать движение. Не случайно во многих культурах матери привязывают малыша к спине, пока занимаются домашними делами.

1  
*Тихое покачивание — это комфортное состояние для маленьких детей, так как на протяжении всей беременности плод постоянно качается в околоплодной жидкости, заполняющей матку*

Малыши в восторге, когда их подбрасывают и ловят, а дети постарше обожают качели, карусели и катание с гор. Да и многие взрослые не прочь прокатиться на американских горках, а то и «покрутить» на заснеженном склоне. Какие же процессы в нашей центральной нервной системе связаны с седативным (меньше движения), анксиолитическим (меньше тревоги), анальгетическим (меньше боли) и эйфорическим результатами ритмической стимуляции вестибулярного аппарата?

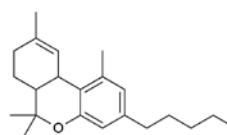
В середине XX века все перечисленные эффекты связывали с активностью катехоламинергических (норадренлин, дофамин) систем мозга. После открытия в 1970-е годы эндогенных опиатов душевный подъем, вызванный умеренными физическими нагрузками, стали увязывать с этими веществами — эндорфинами и энкефалинами. В наши дни все больше внимания уделяют еще одному животному аналогу растительных психоактивных веществ — эндогенным каннабиноидам.

## Система эндогенных каннабиноидов

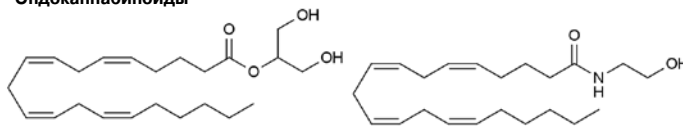
В 1988 году обнаружили, что действующее вещество конопли дельта-9-тетрагидроканнабинол (ТГК) связывается в центральной нервной системе животных со специфическими рецепторами (Devane et al., «Molecular Pharmacology», 1988, 34, 5, 605—613). А в 1992 году из ткани мозга выделили и охарактеризовали вещество, связывающиеся с теми же рецепторами, что и растительный ТГК (Devane et al., «Science», 1992, 258, 1946—1949). Вещество назвали анандамидом, от санскритского «ананда» — блаженство, поскольку широко известно, что препараты конопли уменьшают тревогу, вызывают эйфорию, снимают двигательное возбуждение и ослабляют боль. Позднее было выделено другое вещество (2-АГ) с такими же свойствами (рис. 2).

Эти два вещества — главные эндогенные каннабиноиды, или эндоканнабиноиды. В тканях животных обнаружено два типа рецепторов эндоканнабиноидов — тип 1 характерен для ЦНС, а тип 2 — для периферических тканей (о втором мы больше говорить не будем).

**Дельта-9-тетрагидроканнабинол (ТГК) — активное вещество конопли**



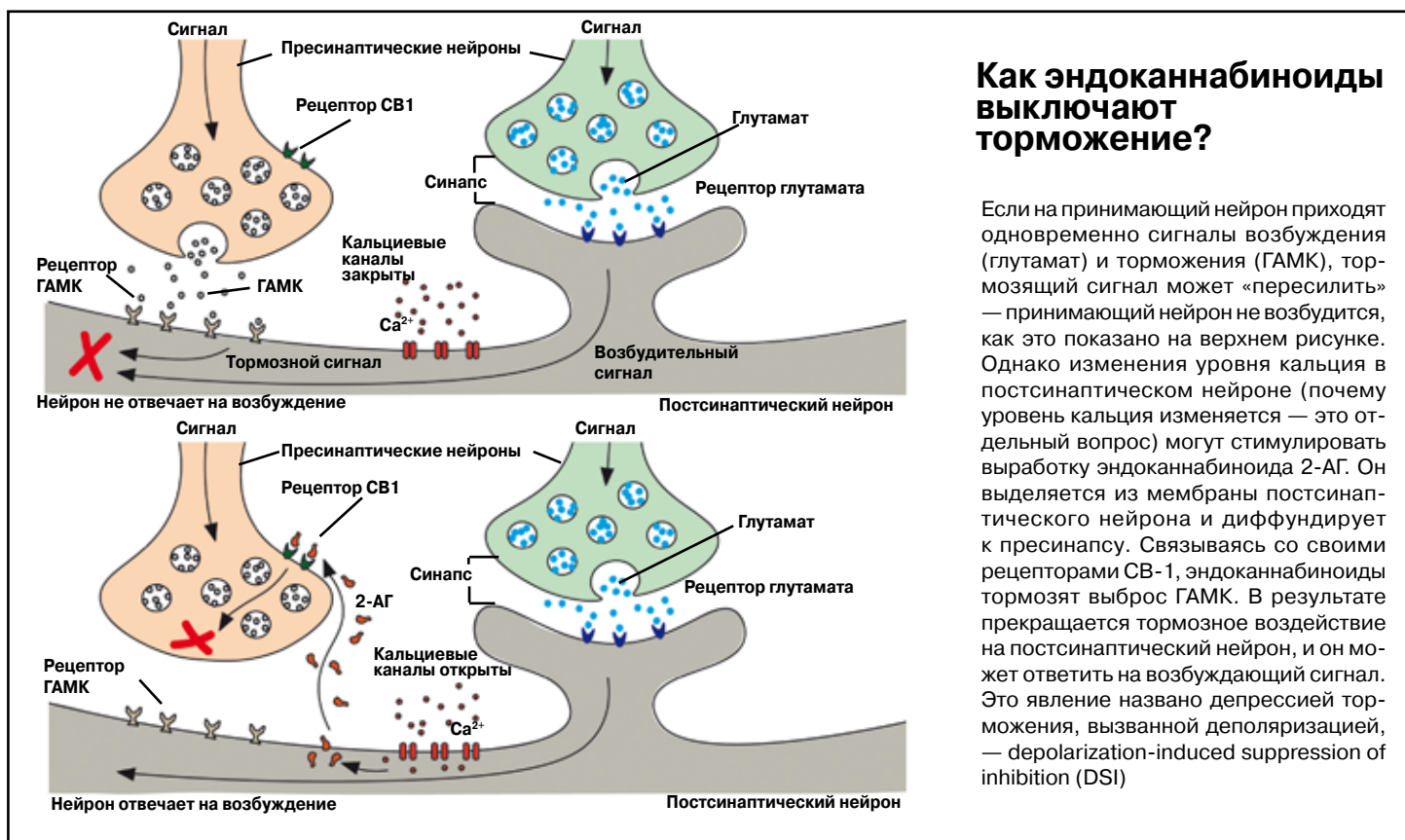
**Эндоканнабиноиды**



**2(АГ) — Арахидоноилглицерин**

**Анандамид**

2  
*Несмотря на значительные различия растительного и эндогенных каннабиноидов, связываются они с одними и теми же рецепторами, расположенными в ЦНС и в периферических тканях животных*



## Как эндоканнабиноиды выключают торможение?

Если на принимающий нейрон приходят одновременно сигналы возбуждения (глутамат) и торможения (ГАМК), тормозящий сигнал может «пересилить» — принимающий нейрон не возбудится, как это показано на верхнем рисунке. Однако изменения уровня кальция в постсинаптическом нейроне (почему уровень кальция изменяется — это отдельный вопрос) могут стимулировать выработку эндоканнабиоида 2-АГ. Он выделяется из мембраны постсинаптического нейрона и диффундирует к пресинапсу. Связываясь со своими рецепторами СВ-1, эндоканнабиноиды тормозят выброс ГАМК. В результате прекращается тормозное воздействие на постсинаптический нейрон, и он может ответить на возбуждающий сигнал. Это явление названо депрессией торможения, вызванной деполаризацией, — depolarization-induced suppression of inhibition (DSI)

Исследования производных конопли — это не всегда про их вред. С одной стороны, марихуана, гашиш и пр. — наркотики, запрещенные во многих странах. С другой стороны, ТГК обладает широким терапевтическим спектром, в частности снимает боли, когда другие препараты, в том числе и опиаты, малоэффективны. Чтобы не превращать статью в рассказ о целительных свойствах конопли, отметим еще только участие каннабиноидных рецепторов в угасательном торможении — процессе, необходимом для переучивания и удаления неприятных воспоминаний; угасательное торможение развивается, когда условный рефлекс перестает подкрепляться безусловным («Nature», 2002, 418, 6897, 530—534). Как полезные, так и вредные свойства конопли человечество использует многие тысячелетия. И на территории нашей страны тоже, хотя севернее 45 параллели каннабиноиды в растении почти не накапливаются, так что выращивали ее ради растительного волокна — известным читателю из художественной литературы поскони и матерки («Химия и жизнь», 2002, 6).

Открытие эндоканнабиноидной системы (ЭКС) придало новый импульс исследованиям каннабиноидов, как растительных, так и животных. Ведь если аналоги растительных веществ синтезируются в ЦНС и активно взаимодействуют с нейронами, значит, они имеют физиологическое значение, одурманивающее действие конопли — только «подражание» каким-то естественным процессам. Но главная причина, по которой ЭКС интересна для фундаментальной науки, это принципиально новые механизмы — молекулярно-клеточные и системные, — которые обнаружили в процессе ее изучения.

Во-первых, если все медиаторы выделяются упакованными в везикулы (мембранные шарики), которые раскрываются в синаптическом пространстве, то каннабиноиды формируются непосредственно из компонентов наружной части мембраны нейрона. (Мембрана любой клетки — это, как известно, билипидный слой, и родство гидрофобный эндогенных каннабиноидов с ее компонентами, в общем, неудивительно.) Во-вторых, каннабиноиды выделяются из постсинаптической мембраны — из мембраны принимающей клетки, а не из пресинапса.



### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Однако не это поразило исследователей. Многие традиционные медиаторы проявляют биологическую активность в межнейронном внесинаптическом пространстве. В этом случае они выступают уже не как медиаторы, а как локальные гормоны — распространяются в пределах небольших клеточных ансамблей и быстро инактивируются, меняют на какое-то время нейрональную активность, позволяют этим группам клеток на некоторое время отключиться от общей сети ЦНС. Это отключение играет важную роль на разных этапах функционирования памяти.

Удивительным оказался механизм действия ЭКС — она осуществляет отрицательную обратную связь в синапсе (рис. 3). Ранее такое считалось невозможным. Полагали, что сигнал всегда передается только от пресинаптической мембраны к постсинаптической. Оказалось, что в районе синаптических окончаний ГАМКэргических нейронов (хотя не только ГАМКэргических) расположены рецепторы ЭКС. А каннабиноиды выделяются из постсинаптической мембраны и могут действовать не только на синаптические участки мембраны, но и на сому (тело) нейрона. Связываясь со своими рецепторами на ГАМКэргическом нервном окончании, они подавляют выделение ГАМК, основного тормозного медиатора ЦНС. Происходит ретроградное подавление торможения. Это новый, ранее не известный механизм функционирования нервной системы.

И это еще не все! Работа ЭКС продемонстрировала новый системный механизм нашего мозга. Как известно, среди психотропных эффектов ЭКС имеется анксиолитический — уменьшается чувство тревоги. Но ведь уменьшение тревоги вызывают различные лиганды, активирующие рецепторы

ГАМК/А (что вполне логично). Однако при активации ЭКС ГАМКэргическая система тормозится, а чувство тревоги не усиливается, напротив, ослабляется вплоть до полного исчезновения. Подчеркнем, что не только у человека, у которого чувство тревоги определяют с помощью психологических тестов и опросников, — и у лабораторных животных после активации ЭКС ослабляются те формы поведения, которые принято трактовать как показатели тревоги. Следовательно, в нашем мозге, в мозге человека и других животных, существует еще одна система регуляции уровня тревоги помимо систем ГАМК/А-рецепторов и эндогенных опиатов. Вот что крайне интересно и перспективно практически.

## Бег активирует эндоканнабиноидную систему

Не так давно появились работы, свидетельствующие о ведущей роли ЭКС в удовольствии, получаемом после продолжительного бега. «Эффект марафонца» хорошо известен. Длительный бег создает у человека приподнятое настроение, эйфорию. Это настолько нравится некоторым людям, что они продолжают бегать длинные и сверхдлинные дистанции и в таком возрасте, когда их сердечно-сосудистая система уже не выдерживает таких нагрузок — марафонцы-любители регулярно гибнут на дистанции. Очевидно, что у людей формируется настоящая зависимость от бега. Раньше этот феномен связывали с активацией эндогенных опиатов — эндорфинов и энкефалинов. Однако теперь накоплено достаточно данных

для утверждения, что основную роль в формировании зависимости от беговых нагрузок играет ЭКС.

Хорошо известно, что беличье колесо является аппетентным стимулом для лабораторных мышей и крыс; любят они побегать в колесе, если простыми словами. Каковы же мозговые механизмы влечения мышей к бегу? После бега в колесе анксиолитический и анальгетический эффекты проявлялись у мышей и после блокады опиатных рецепторов, а вот блокада рецепторов ЭКС резко ослабляла эти эффекты («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2015, 112, 42, 13105—13108, doi: 10.1073/pnas.1514996112). Следовательно, анксиолитический эффект бега связан с работой ЭКС, а не эндогенных опиатов. Удаление рецепторов ЭКС уменьшает спонтанную двигательную активность мышей («Biological Psychiatry», 2013, 73, 9, 895—903, doi: 10.1016/j.biopsych.2012.10.025). Возможно, что мыши с удаленными или заблокированными рецепторами эндоканнабиноидов, то есть с «выключенной» ЭКС, получают мало удовольствия от бега. Это предположение подтверждается тем, что активация рецепторов ЭКС снижает и время, которое мыши проводят в колесе, и скорость их бега («Pharmacology, Biochemistry and Behavior», 2012, 101, 4, 528—537, doi: 10.1016/j.pbb.2012.02.017). Если эмоциональный фон улучшается введением агонистов рецепторов ЭКС, действующих аналогично эндоканнабиноидам, — то много бегать ни к чему, и так настроение отличное. Впрочем, оговоримся, что снижение двигательной активности мышей в колесе после активации ЭКС может быть проявлением седативного эффекта каннабиноидов.

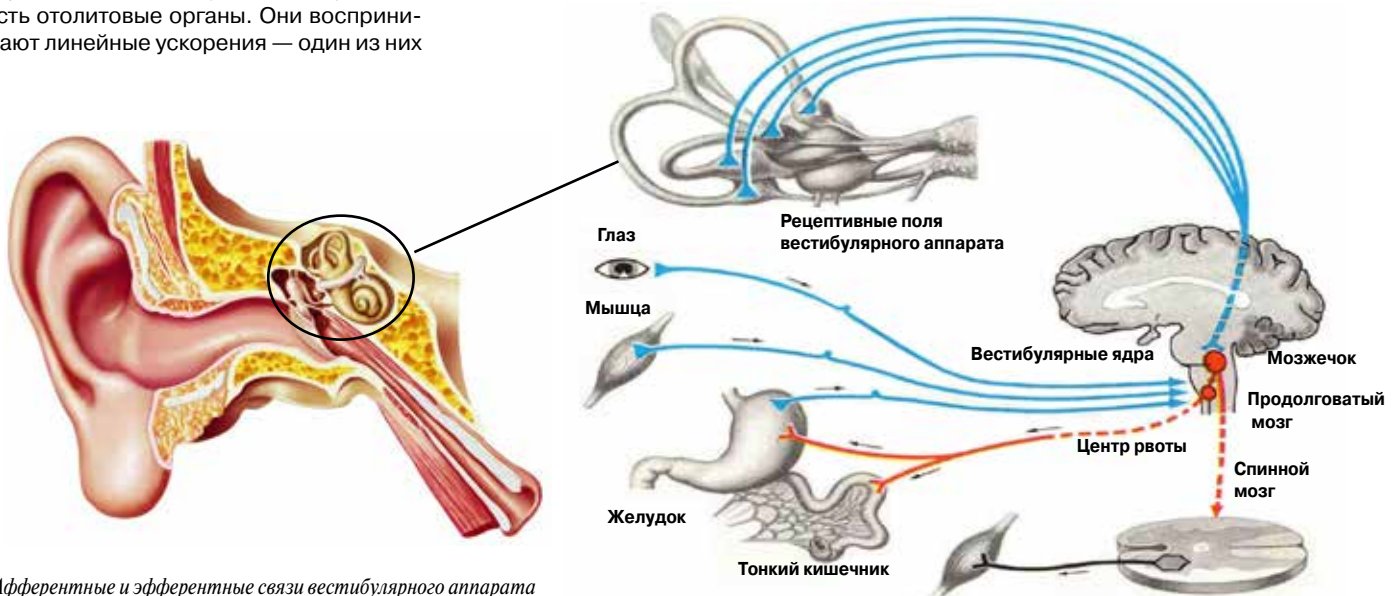
## Очень краткий курс анатомии и физиологии вестибулярной системы

Периферический орган вестибулярной системы — вестибулярный аппарат — лежит в глубине височной кости. Он состоит из двух отолитовых органов и трех полукружных каналов. Каналы примыкают к округлой полости — преддверию (полатыни vestibule). В мешочках преддверия находятся два скопления чувствительных клеток, волоски которых погружены в студенистую мембрану с кристалликами карбоната кальция (отолитами). Это и есть отолитовые органы. Они воспринимают линейные ускорения — один из них

расположен в горизонтальной плоскости (при вертикальном положении головы), а другой ориентирован вертикально. Три полукружных канала лежат в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, они воспринимают угловые ускорения.

Жидкость, заполняющая полукружные каналы, и кристаллы карбоната кальция в отолитовых органах смещаются при действии сил, вызывающих ускорения. Этот сдвиг воспринимают волосковые рецепторные клетки, передающие возбуждение в ЦНС.

Пройдя через вестибулярный ганглий, нервные импульсы приходят к нейронам вестибулярных ядер в продолговатом мозге: верхнего (ядро Бехтерева), нижнего (ядро Роллера), латерального (ядро Дейтерса) и медиального (ядро Швальбе). Эти ядра представляют собой единый функциональный комплекс, в котором объединяется информация от вестибулярных ганглиев и от проприоцепторов, расположенных в мышцах, связках и суставных сумках, а также от глазодвигательных мышц.



Афферентные и эфферентные связи вестибулярного аппарата



Можно считать твердо установленным, что длительный бег человека и мышей приводит к активации ЭКС. Но ведь при беге происходит ритмическое колебание головы, в которой расположен вестибулярный аппарат, воспринимающий и передающий в мозг информацию об ускорениях нашего тела. Может быть, эйфорию вызывают не мышечные нагрузки, или гипервентиляция легких, или другие физиологические изменения при беге, а постоянное раздражение вестибулярного аппарата? Такое предположение не лишено оснований. Например, после бега увеличивается содержание в плазме крови анандамида у человека и у собак, но не у хорьков («Journal of Experimental Biology», 2012, 215, 1331—1336; doi: 10.1242/jeb.063677). Авторы этой работы полагают, что межвидовые различия в активации ЭКС связаны с различиями локомоторного (двигательного) поведения. Но возможно, видовые особенности активации ЭКС связаны с биомеханикой бега — у коротконогих хорьков вертикальное смещение головы имеет меньшую амплитуду, чем у людей и собак.

Прежде чем привести другие аргументы в пользу гипотезы об активации ЭКС при укачивании, надо сказать несколько слов о работе вестибулярной сенсорной системы.

Вестибулярная система обеспечивает мозг информацией о положении головы в пространстве, о действии гравитации, а также о линейных и угловых ускорениях. Это необходимо для поддержания устойчивости тела и для пространственной ориентации животного. Вестибулярный аппарат передает эту информацию в вестибулярные ядра — подкорковые центры регуляции равновесия, глазодвигательных рефлексов (зрительное наблюдение окружающего мира) и опосредованных через гипоталамус вестибуло-висцеральных реакций, с механизмом которых связаны проявления морской болезни — головокружение, тошнота и рвота.

Подчеркнем, что морская болезнь сопровождается и эмоциональными расстройствами, причем необязательно депрессивного плана. Другой вид проявления морской болезни — ажитированная форма, для которой характерна чрезмерная неустойчивость эмоциональной сферы, излишняя разговорчивость, немотивированный смех, «театральность» позы, речи и даже неоправданная обстановкой подвижность.

Нейроны вестибулярных ядер направляют информацию в ретикулярную формацию (общееактивирующую систему мозга), через таламические ядра в теменную область коры больших полушарий (не сенсорную, а ассоциативную область коры), а также — что нам сейчас особенно интересно — в мозжечок.

## Мозжечок и ЭКС

Мозжечок — одна из самых таинственных структур головного мозга. Больше 50% всех нейронов человека находится в мозжечке. Повреждение мозжечка вызывает тяжелые расстройства в двигательной, когнитивной и эмоциональной сферах. Но спустя некоторое время (месяцы и годы) утраченные функции восстанавливаются почти в прежнем объеме! Полагают, что это указывает на их важность — раз уж другим мозговым структурам приходится брать на себя функцию мозжечка, значит, без них невозможно.

Мозжечок важен, в частности, для формирования навязчивых страхов («Neuroscience and Biobehavioral Review», 2015, 59, 83—91, doi: 10.1016/j.neubiorev.2015.09.019), при которых нарушается угасательное торможение. А в регуляции этой функции принимают участие ЭКС, как мы отметили выше (см. третий абзац главки «Система эндогенных каннабиноидов»). В мозжечке очень много рецепторов ЭКС («Cerebellum», 2006, 5, 2, 134—145; «Cerebellum», 2015, 14, 3, 341—353, doi: 10.1007/s12311-014-0629-5.). Вполне возможно, вестибулярная активация мозжечка приводит к настолько сильной активации ЭКС, что именно это и

ослабляет боль, отстраняет заботы, уменьшает тревогу, улучшает настроение, то есть создает комфорт.

## Подводя итоги

Конечно, в реальности все гораздо сложнее. За рамками статьи остались многие аспекты работы ЭКС — влияние различных медиаторов, ЭКС в разных мозговых структурах, половые различия и т. д. Без намека на решение остается важнейший, на мой взгляд, вопрос — системные механизмы регуляции ЭКС. Какие воздействия активируют ЭКС? Известен субстратный механизм (введение в организм каннабиноидов), до которого человечество дошло своим умом, без помощи научных работников. Известна роль трансмембранного тока кальция. Но какие внешние воздействия, кроме бега, могут активировать ЭКС? Какие изменения в работе организма могут влиять на эту систему? Все это предстоит выяснять.

И так, ограничиваясь темой этой статьи, суммируем то, что установлено с высокой степенью достоверности:

- 1) укачивание в колыбели или на руках у матери успокаивает ребенка;
- 2) морская болезнь сопровождается эмоциональными нарушениями;
- 3) продолжительный бег оказывает анальгетическое и анксиолитическое действие на взрослых людей и мышей;
- 4) бег сопровождается ритмической стимуляцией вестибулярного аппарата;
- 5) информация от вестибулярного органа приходит в мозжечок;
- 6) мозжечок участвует в формировании и регуляции эмоций;
- 7) в мозжечке развита ЭКС;
- 8) после бега у людей и мышей отмечается активация ЭКС;
- 9) активация ЭКС вызывает анальгезию и анксиолизис.

На основании всего изложенного делаем предположение о том, что ритмическое раздражение вестибулярной системы стимулирует ЭКС с последующим анальгетическим и анксиолитическим эффектами.

Чтобы проверить это предположение надо поставить ряд экспериментов, в которых достаточно контролировать три параметра: 1) смещения головы испытуемых; 2) активность ЭКС; 3) динамику тревоги.

Читатель может спросить: а зачем так много букв, если эксперименты еще не поставлены? Действительно, насколько мне известно, пока нет подобных данных. Просто мне хотелось разобраться в ЭКС, и, подготовив этот текст, я стал в общих чертах представлять себе ее работу.

А может быть, кто-то, прочитав эту статью, поставит предложенные эксперименты! И тогда сидящая у колыбели мать сможет узнать точно, почему ее ненаглядный кроха любит, когда его баюкают.



# Это невероятно!

## Открытия, достойные Игнобелевской премии

**Марк Абрахамс**

редактор и сооснователь журнала  
«Annals of Improbable Research»

### Из предисловия автора к книге

Было бы заманчиво предположить, что под словом «невероятное» скрывается некий готовый набор качеств. «Невероятное» — это какое: хорошее или плохое, бесполезное или ценное, банальное или важное? В категории «невероятных» найдутся сюжеты, которые обладают любой из этих характеристик. Или всеми одновременно. Или вообще ни одной. В общем, невероятное — это то, чего вы никак не ожидали.

Я собираю истории про невероятное — такие, что заставляют людей сначала расхохотаться, а потом задуматься. Исследования, события и люди, о которых вы прочтете в этой книге, не терпят скоропалительных оценок (хорошо-плохо? полезно-бесполезно? банально-важно?). Но пусть это вас не останавливает.

Смотрите, что становится темой научных исследований:

1) анализ движений крадущейся кошки;

2) автоматические обезвреживание и упаковка угонщика самолета, за которыми следуют его парашютирование и передача властям;

3) способ заставить людей читать учебники, где подчеркнут не тот текст;

4) выяснение естественной частоты подпрыгивания у конкретного человека;

5) наблюдение за добровольцами, которых заставили слушать звук царапания ногтем по школьной доске;

6) мониторинг состояния мозга пианиста, когда тот в течение 28 часов без перерыва играет раз за разом одну и ту же короткую композицию;

7) как реагируют в разных странах на человека, гуляющего по улице с развязанным шнурком на одном ботинке;

8) бюстгальтер, который можно быстро превратить в пару респираторов;

9) кот, посаженный на спину корове, перед которым потом, с интервалом в 10 секунд, взрывают надутые бумажные пакеты;

10) оптимизация упаковки для больших пустотелых шоколадных зайцев;

11) применение философии Фуко к поведению игроков в австралийский футбол (нечто среднее между футболом и регби. — Примеч. ред.)

12) использование принципов стратегического лидерства, провозглашенных Иисусом, в армии США;

13) коррекция психики жертв игровых автоматов;

14) классификация типов скуки, испытываемой чиновниками среднего звена в Великобритании;

15) пластическая хирургия лица у бельгийца для придания ему сходства с Майклом Джексонном;

16) исследование акта совокупления у дикобразов;

17) доказательство того факта, что у носорогов трудно добиться эякуляции методом электрической стимуляции.

Большая часть того, что вам предстоит прочесть на страницах книги, было опубликовано в том или ином виде в газете «Guardian», где я веду еженедельную колонку «Невероятные исследования». Однако наука не стоит на месте, и в процессе работы я постарался собрать еще больше деталей, сделать изложение как можно более подробным и сообщить разнообразные любопытные факты, о которых успел узнать за последнее время.

Разумеется, про каждую историю в книге можно сказать, что немало интересного осталось за кадром. Это первая из причин, обязывающих меня всюду ссылаться на первоисточники. Тех, кто обратится к ссылкам, ждут многочисленные сюрпризы.

Но есть и другая, более веская причина. Некоторым людям кажется, что все здесь выдуманно или раздуто из ничего. Ни капли вымысла, друзья: я изо всех сил старался обойтись без каких-либо преувеличений!

### Каблуки как причина шизофрении

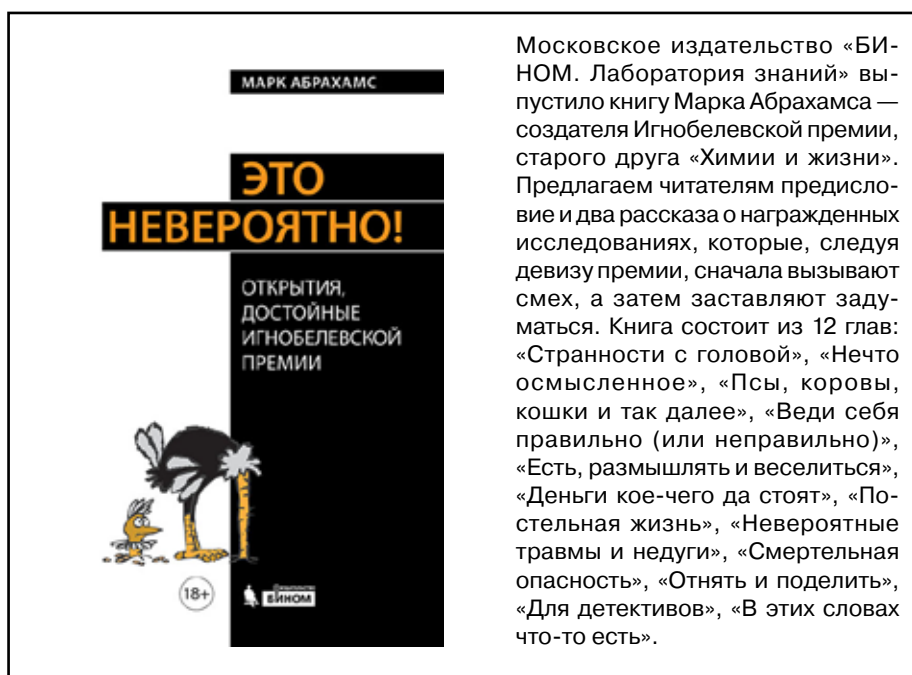
Может ли вызвать шизофрению обувь? Ответить на этот вопрос решил Ярл Фленсмарк из Мальмё (Швеция), который опубликовал результаты своих изысканий в журнале «Medical Hypotheses».

«Обувь с каблуками, — пишет он, — вошла в обиход более тысячи лет назад и стала причиной первых в истории случаев шизофрении... Промышленное производство обуви резко увеличило заболеваемость. Механизация производства началась в Массачусетсе, распространилась оттуда в Англию и Германию, а затем и в остальную Западную Европу. В той же последовательности шел и резкий рост числа больных». История — если, конечно, все так и было — поражает.

Фленсмарк добавляет в эту картину недостающие детали. «Самое древнее изображение ботинка с каблукком найдено в Месопотамии, и здесь же мы обнаруживаем первые сумасшедшие дома, — рассуждает Фленсмарк. — Поначалу шизофрения чаще встречалась у высших сословий. Среди ее возможных жертв были английские короли Ричард II и Генрих VI, дед последнего Карл I (король Франции), мать Карла VI Жанна Бурбонская и его дядя Людовик II Бурбонский. А также король Швеции Эрик XIV, Иоанна Кастильская и ее бабушка Изабелла Португальская. Имеются достоверные свидетельства, что большая часть из этих людей носили обувь с каблуками». Фленсмарк также пишет про каблуки в Турции, на Балканах и на Тайване, а также в Ирландии, Италии, Гане, Гренландии, в странах Карибского бассейна и во многих других местах.

«Скорее всего, представители высших классов стали носить каблуки раньше бедняков», — отмечает Фленсмарк. Затем он ссылается на исследования, проведенные в Индии и других странах: «Шизофрения первым делом поражает высшие классы».

Сведя вместе эти два типа свидетельств — о растущей популярности каблуков и частоте заболеваний ши-



Московское издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний» выпустило книгу Марка Абрахамса — создателя Игнобелевской премии, старого друга «Химии и жизни». Предлагаем читателям предисловие и два рассказа о награжденных исследованиях, которые, следуя девизу премии, сначала вызывают смех, а затем заставляют задуматься. Книга состоит из 12 глав: «Странности с головой», «Нечто осмысленное», «Псы, коровы, кошки и так далее», «Веди себя правильно (или неправильно)», «Есть, размышлять и веселиться», «Деньги кое-чего да стоят», «Постельная жизнь», «Невероятные травмы и недуги», «Смертельная опасность», «Отнять и поделить», «Для детективов», «В этих словах что-то есть».



КНИГИ

заявлением, но и подкрепили его фактами. Им удалось собрать невероятный объем материала в поддержку своей теории.

Почти весь этот материал позаимствован из исследований, проведенных другими людьми. Среди прежних открытий, к примеру, такие:

— «Девушки, принадлежащие к среднему классу, обладают более высоким IQ и внешне привлекательнее, чем девушки из рабочего класса»;

— «Красивые дети и взрослые обоих полов более развиты интеллектуально, и, следовательно, народная мудрость “красота не глубже кожи” — это миф»;

— «Физическая привлекательность сильно коррелирует с образованием и высокими доходами в расчете на семью либо в расчете на одного человека».

Несмотря на все вышесказанное, у людей с заурядной внешностью по-прежнему есть шанс. Каназава и Ковар объясняют: «Наше утверждение, что красивые люди умнее, чисто научного свойства (мы приводим логические и эмпирические аргументы). Это вовсе не совет, как оценивать людей. В то же время теория носит вероятностный, а не детерминистский характер, и все свидетельства говорят о том, что корреляция между привлекательностью и умом, найденная эмпирически, не так уж и велика. Следовательно, будет абсолютно неправильно судить об интеллекте и компетентности человека по его внешности, вместо того чтобы прибегнуть к стандартному тесту на IQ».

В конце статьи ученые выдвигают идею, что красивые люди больше чем просто умны. Цепочка умозаключений, как и вывод, выглядят провокационно:

1. Агрессивные мужчины чаще добиваются высокого статуса, и им достаются самые красивые девушки.

2. Агрессивные мужчины с большой вероятностью будут иметь агрессивных детей, а красивые девушки — красивых детей.

Сопоставляя эти два тезиса, Каназава и Ковар заключают, что по сравнению со всеми прочими «красивые люди самые агрессивные».

зофренией, — Фленсмарк делает вывод, что одно тесно связано с другим. И скромно замечает: он далеко не первый, кому эта идея пришла в голову. Еще в 1740 году, пишет он, «Якоб Винслов, французский анатом родом из Дании, рекомендовал воздерживаться от ношения сапог с каблуками, поскольку те вызывают множество недугов, не имеющих на первый взгляд никакого отношения к каблукам».

Подводя итог своей работе, Фленсмарк решительно заявляет: «Шизофрения впервые заявила о себе именно тогда, когда людям была навязана обувь с каблуками. Затем популярность этой обуви стала расти, и число больных — за ней следом». Автор продолжает: «Я не смог найти каких-либо данных, противоречащих моей теории».

Пусть критики и назовут это исследование безосновательным сотрясанием воздуха, Фленсмарк даже предлагает конкретный физиологический механизм, который мог бы стоять за обнаруженной им взаимосвязью: «В процессе ходьбы синхронизованные сигналы от механорецепторов в стопах ног увеличивают активность в мозжечково-таламо-корково-мозжечковых нейронных цепочках за счет воздействия на NMDA-рецепторы. В ботинках на каблуках стимуляция нейронных цепочек намного слабее. А спад активности в коре влечет за собой сбой в работе дофаминергической системы, куда входят нейронные цепочки базальных ганглиев».

Можно заключить, что медицинское сообщество восприняло открытие Фленсмарка с восторгом. По крайней мере, не нашлось никого, кто выступил бы с возражениями.

## Красавицы и умницы

Правда ли, что красивые люди — самые умные? Сатоши Каназава и Джоди Ковар в этом уверены. В своем 17-страничном исследовании «Почему красивые люди умней прочих» они прямым текстом заявляют: «Человеку свойственно считать тех, кто физически привлекателен, умнее непривлекательных. В то время как другие исследователи игнорируют эту особенность восприятия как “предрассудок” или “стереотип”, мы намерены возразить: такой стереотип возник потому, что красивые действительно умнее».

Каназава, преподаватель менеджмента и научной методологии в Лондонской школе экономики и политических наук, — настоящий эксперт по вопросам красоты. Следующая его работа называется так: «У красивых родителей больше дочерей». Ковар, соавтор Каназава, работает в Пенсильванском университете (том, что расположен в штате Индиана неподалеку от Питтсбурга, не путать со всемирно известным университетом в Филадельфии. — Примеч. ред.).

За проблему ученые взялись с дошностью детектива, расследующего запутанное преступление. «Критики отмечают, что имеется и противоположный стереотип — о том, что наиболее привлекательные женщины глупы. Мы, однако, не верим, что такой стереотип существует. Скорее, такое отношение распространяется на блондинок и женщин с большой грудью, и статистика свидетельствует, что в обоих случаях это может быть правдой». Каназава и Ковар не только выступили с таким



# Голубоглазая, светловолосая...



## О ценности глухих кошек

**Б**елые голубоглазые кошки часто лишены слуха, об этом еще Дарвин писал в 1868 году, в книге «Изменение животных и растений в домашнем состоянии». И хотя эстетическая ценность таких кошек несомненна, ученых они привлекают именно своей тугоухостью, представляя собой идеальный объект для исследования врожденной глухоты человека: влияния, которое она оказывает на развитие и функционирование сенсорных систем, и путей ее преодоления.

Триада «белизна, голубизна, глухота» соблюдается не всегда. Белой шерстью обладают примерно 5% кошачьей популяции, и лишь часть белых кошек голубоглаза. Глаза могут быть янтарного цвета, а иногда они разные: один янтарный, другой голубой. Не все белые и голубоглазые лишены слуха. Согласно нескольким исследованиям, проведенным в 1970-х годах, глухота на одно или оба уха свойственна 65—85% кошек с двумя голубыми глазами, 39—40% кошек с одним голубым глазом и 17—22% белых, но не голубоглазых. По другим данным, при скрещивании друг с другом глухих белых кошек, слуха будут лишены около 70% потомства. У остальных котят слух будет нарушен в разной степени, но не утрачен полностью, или даже окажется нормальным. Около 1% потомков от такого скрещивания глухи на одно ухо. В тех случаях, когда разноглазые кошки слышат только одним ухом, оно расположено, как правило, на той же стороне головы, что и янтарный глаз.

Почему не все белые кошки глухи? Чтобы ответить на этот вопрос, поговорим о белизне. Пигменты, окраши-

вающие мех, синтезируются в особых клетках — меланоцитах. Во время развития эмбриона предшественники меланоцитов, меланобласты, движутся от нервного гребня, из которого образуются, к коже и участкам, где позже возникнут глаза и внутреннее ухо. Мутации в генах, влияющих на любой этап этого пути, будь то деление, выживание, миграция или распределение меланобластов, скажутся на окраске меха и глаз. Таких генов известно несколько, один из них — аутосомный ген *White* (*W*). При доминантной мутации в нем меланобласты не достигают волосяных фолликулов и волосы вырастают белыми. Скорее всего, гены, определяющие судьбу меланоцитов, в том числе и *White*, обладают множественным действием, то есть каждый из них отвечает за несколько признаков.

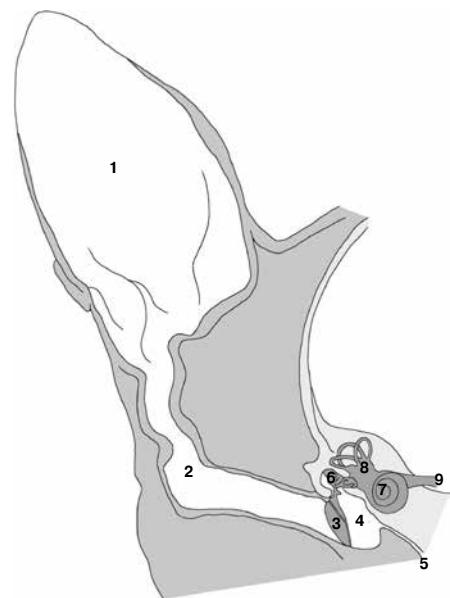
Часто белых голубоглазых кошек считают альбиносами, но это не так. У белых кошек синтез меланина не нарушен, и, если часть меланобластов доберется до пункта назначения, что нередко случается, у животных на шубке будут цветные пятна. У альбиносов отсутствует фермент тирозиназа, необходимый для синтеза меланина, поэтому, хотя с распределением меланоцитов у них все в порядке, пигмент в клетках не образуется. Вот почему у них не только шерсть белая, но и глаза непигментированные, розовые. Однако слух у альбиносов несколько понижен, хотя и не в той степени, что у белых голубоглазых кошек.

Вернемся к мутантам по гену *White*. Как мы уже говорили, это не единственный ген, влияющий на перемещение меланобластов в эмбрионе. Некоторые исследователи полагают, что меланобласты подразделяются на две группы. Одни движутся к коже и чувствительны к

сигналам *White*, мутации этого гена вызывают белую окраску меха и бледность кожных покровов. А клетки, которым предстоит попасть в глаза и уши, находятся, возможно, под более сильным воздействием не *White*, а других генов. Поэтому меланобласты могут достигнуть ушей и глаз, но не добраться до волосяных фолликулов.

Теперь самое время выяснить, зачем меланобласты направляются в уши, и вспомнить заодно, как устроена слуховая система наземных млекопитающих (см. рисунок).

Ушная раковина улавливает звуки и направляет их по наружному слуховому проходу к барабанной перепонке, которая соприкасается с косточками среднего уха (молоточком, наковальней и стремечком), а они, в свою очередь, передают звуковые колебания в заполненное жидкостью внутреннее ухо (улитку). Во внутреннем ухе находится кортиев орган с волосковыми клетками — рецепторами слухового нерва. В кортиевом органе механические сигналы преобразуются в нервное возбуждение, то есть электрические импульсы. Чтобы



Лошачье ухо:

1 — ушная раковина, 2 — наружный слуховой проход, 3 — барабанная перепонка, 4 — среднее ухо, 5 — евстахиева труба, 6 — косточки среднего уха, 7 — внутреннее ухо, улитка, 8 — орган равновесия, 9 — преддверно-улитковый (слуховой) нерв

они могли возникнуть, жидкость внутреннего уха должна содержать ионы калия в необходимой концентрации. Эти ионы выделяют клетки сосудистой полоски — нескольких слоев эпителия, пронизанного капиллярами (они находятся, естественно, во внутреннем ухе). Среди клеток сосудистой полоски много меланоцитов, задача которых состоит в том, чтобы синтезировать белок калиевого канала KCNJ10. Без него в жидкости внутреннего уха ионов калия недостаточно, волосковые клетки не возбуждаются и развивается глухота. А у белых кошек меланоцитов во внутреннем ухе чаще всего нет.

Теоретически ген *White* может влиять и на другие функции тела. Однако у белых кошек с врожденной глухотой соматосенсорная, двигательная и зрительная системы в полном порядке.

Белая окраска сопряжена с глухотой у многих млекопитающих: мышей, собак, норок, лошадей, крыс, хомяков и даже у людей, страдающих синдромом Варденбурга второго типа: седая прядь, бледная кожа, врожденная тугоухость.

Существуют два типа глухоты, или, как говорят медики, тугоухости. Так называется стойкое ослабление слуха, при котором нарушается восприятие звуков и речевая коммуникация. Степень тугоухости может варьироваться от незначительного снижения слуха до полной глухоты. Кондуктивная тугоухость вызвана нарушениями периферийных слуховых систем (сжатием наружного уха, разрывом барабанной перепонки, неправильным положением косточек или инфекциями среднего уха), при этом звуковые колебания не достигают внутреннего уха. При кондуктивной тугоухости помогают прочистка ушного канала, антибиотики для борьбы с инфекцией или хирургическое вмешательство, которое восстанавливает барабанную перепонку и функцию косточек. Среди кошек встречаются особи с кондуктивной тугоухостью, но у белых голубоглазых животных глухота нейросенсорная, вызванная деградацией волосковых клеток. Если нарушена только чувствительность рецепторов, а остальная часть слухового пути от внутреннего уха до слуховых областей коры головного мозга в порядке, горю можно помочь, поставив кохлеарный имплантат. Это устройство, которое обрабатывает электрические импульсы, поступающие с внешнего микрофона, и передает их на электроды, имплантированные в улитку. Импульсы возбуждают первый нейрон слухового нерва, который передает сигналы в слуховые отделы коры. Электрическая стимуляция слухового нерва вызывает активность, отличную от звуковой, но позволяет человеку после некоторой

тренировки слышать произносимые звуки и понимать речь. Сегодня кохлеарные имплантаты успешно носят около 400 тысяч слабослышащих людей во всем мире, к 2020 году их количество может достичь миллиона. Это один из наиболее успешных нейронных протезов.

Исследования кохлеарных имплантатов необходимы для успешного лечения врожденной глухоты у детей, и белые голубоглазые глухие кошки — великолепная модель для подобных экспериментов. Таких кошек специально разводят для этой цели. Существуют лекарства, токсичные для клеток внутреннего уха, однако они, как правило, разрушают не только слуховые рецепторы, но и сам нерв, поэтому их применение не позволяет имитировать сенсорную глухоту.

Слуховая система кошек сходна с человеческой. Кора их мозга покрыта извилинами и содержит более дюжины слуховых областей; кошки, как и люди, слышат низкие частоты, что не свойственно, например, мышам или крысам (у них и извилин нет). Более того, у кошек, в отличие от грызунов, отличное зрение, что позволяет изучать влияние врожденной тугоухости на другие сенсорные системы. Улитка у кошек достаточно велика, и нейропротез в нее можно имплантировать в раннем возрасте.

Глухими рождаются все котят, независимо от окраса, обычно их слуховой канал открывается на 10-й день жизни, а до тех пор они ориентируются с помощью обоняния и осязания. На 30-й день они уверенно различают звуки и определяют их источник. Этому приходится учиться, и времени на обучение мало. Эффективное обучение возможно лишь в период пластичности, когда формируются рецептивные области коры и подкорковых структур. Это формирование происходит под влиянием внешних стимулов, поэтому для развития слуховой системы нормальный слух необходим уже в самом раннем возрасте. У кошек период пластичности длится около 3,5 месяцев, и, если поставить кохлеарный имплантат глухому котенку до этого срока, слуховая система развивается нормально, котята хорошо слышат и различают звуки. У человека наблюдается сходная картина. Критический возраст для установки имплантата — 3,5—4 года, в этом случае малыш успешно овладевает речью. После 3,5 лет достижения ребенка значительно слабее, а дети, получившие кохлеарный имплантат в 7 лет и позже, плохо понимают речь даже через много лет пользования нейропротезом.

Исследования на животных помогли определить, почему поздно постав-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ленный кохлеарный имплантат не помогает при врожденной глухоте: если слуховой путь не имеет возможности формироваться правильно в отсутствие внешних стимулов, в нем возникают множественные функциональные и структурные нарушения. Синапсы слуховых нейронов у животных неразвиты, слуховые области коры мозга незрелы и малочисленны, связи между ними нарушены. Некоторые области коры, в норме относящиеся к слуховой системе, могут быть задействованы для других целей, например для участия в зрительной системе. У белых голубоглазых кошек она развита лучше, чем у здоровых животных, возможно, для того, чтобы компенсировать тугоухость. Глухие кошки фиксируют движение и определяют его направление на глаз, а не на слух. Такая же ситуация характерна для глухих от рождения людей.

Большое сходство между результатами исследований на животных и людях позволяет предположить, что непреодолимые трудности в устной речи и языковых навыках, наблюдаемые при поздней имплантации устройства детям с врожденной глухотой, вызваны теми же причинами, что и у животных. Так что кошачий недуг в данном случае аналогичен человеческому. Однако же, несмотря на ценность кошки как модельного объекта, не будем забывать, что они такие белые, такие голубоглазые, красивые такие! А еще глухие, поэтому требуют особо внимательного к себе отношения.

### Литература

- A. Kral, A. Sharma. Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. «Trends in Neurosciences», 2012, 35, 111—122, doi:10.1016/j.tins.2011.09.004.
- D. K. Ryugo, M. Menotti-Raymond. Feline deafness. «Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice», 2012, 42, 1179—1207, doi:10.1016/j.cvs.2011.09.004.
- A. Kral, S. G. Lomber. Deaf white cats. «Current Biology», 2015, 25, R351—R353

**Н.Л.Резник**

# Ешь, пока медведи спят

«Хороший, когда спит» — это про медведя. Потому что медведь бодрствующий отъедается после минувшей спячки или нагуливает жир перед следующей, используя для этого все возможные источники пищи, даже у хищников добычу отнимает. Насильственное или тайное присвоение чужой добычи называется клептопаразитизмом. Медведям нет нужды действовать тайно, ведь они крупнейшие клептопаразиты Голарктики — природной зоны, включающей холодный и умеренный пояса Северного полушария. Они могут прогнать от добычи практически любого хищника, чем и пользуются. Пожалуй, больше всего от медвежьего насилия страдают крупные дикие кошки, которые охотятся на копытных. Одной жертвы хищнику хватает на несколько дней, так что у медведя достаточно времени, чтобы обнаружить и отнять добычу. Естественно, такое поведение не может пройти бесследно ни для хищников, ни для их жертв, но влияние медвежьего клептопаразитизма на численность тех и других только начинают исследовать.

В Евразии более 400 тысяч лет живут бок о бок европейская рысь *Lynx lynx* и бурый медведь *Ursus arctos*. За их отношениями с 1996 по 2012 год наблюдали словенские ученые из университета Любляны («Behavioral Ecology and Sociobiology», 2012,



Бурый медведь *Ursus arctos* способен прогнать кого угодно



Европейская рысь *Lynx lynx* — самая крупная из рысей. Зимой ей раздолье, медведи спят

66, 1297—1304, doi: 10.1007/s00265-012-1384-6). Они работали в Динарских горах, где высока численность обоих видов. Европейская рысь — одиночный хищник, охотится на мелких копытных. В Динарских горах основу ее рациона составляет косуля *Capreolus capreolus*, а перекусывает рысь преимущественно соней-полчком *Glis glis*. За годы наблюдений исследователи нашли остатки 104 жертв рыси, из которых 83 скелета принадлежали косулям. Около трети добытых и припрятанных рысьями туш в итоге досталась медведям. Медведь может слопать за ночь целую козулю, после него от добычи остаются буквально кожа да кости, рысьям доедать уже нечего.

Активнее всего медведи безобразничают в конце весны — начале лета: в это время они отбирают у рысей до половины добычи. Медведей можно понять, они истощены после зимней спячки, но именно на эти месяцы у рыси приходится сезон беременности и выкармливания детенышей. Из-за медвежьего клептопаразитизма они недополучают от каждой жертвы в среднем 6,7 кг пищи, что в 3,3 раза превышает среднюю суточную потребность. В другие сезоны ущерб меньше, но в целом он составляет около 39 кг мяса в год.

Бурый медведь — не единственный клептопаразит этих мест. На добычу рыси могут претендовать волки и даже кабаны, если их много. Но ущерб от них крайне мал по сравнению с вредом, который причиняют медведи. По мнению исследователей, они влияют на численность европейской рыси не меньше, чем человек с его городами и дорогами.

Что может предпринять рысь, вынужденная кормить медведя? Выход первый — больше охотиться. И рысь убивает на 23% чаще, но таким путем ей удается компенсировать только 59% потерь. Вторая защитная мера — переход на более мелкую добычу, в том числе на

грызунов, которых можно съесть быстро, до того, как медведь найдет. В Динарских горах доля грызунов в рационе рыси выше, чем в местах, где плотность медведей мала или их нет вовсе.

Исследователи полагают, что медведи могли сыграть важную роль в эволюции других видов рыси, в том числе иберийской *L. pardinus*, канадской *L. canadensis* и красной *L. rufus*. Все они произошли от общего предка, довольно крупного хищника *L. issiodorensis*, но в ходе эволюции измельчали и охотятся теперь на зайцеобразных и другую мелкую добычу. Это позволяет им избежать конкуренции с более крупными кошачьими, а также с медведями, которые своим стремлением отобрать крупную дичь побуждают хищников выбирать более мелкую. Возможно, медведи повлияли и на охотничьи привычки других крупных и средних хищников Голарктики.

В Западном полушарии кошачье-медвежье противостояние происходит между пумой (кугуаром) *Puma concolor* и черным американским медведем барибалом *Ursus americanus*. За животными наблюдали американские и новозеландские исследователи, участники программы по сохранению пумы («Behavioral Ecology», 2015, 26, 1, 247—254. doi:10.1093/beheco/aru189). Ученые работали на востоке Колорадо и в Северной Калифорнии. В каждом районе площадь наблюдения охватывала около тысячи квадратных километров. В Колорадо поймали 11 взрослых пум, самцов и самок, в Северной Калифорнии — семь, надели на них ошейники с передатчиками GPS, которые позволяли определять координаты животных каждые два часа. Ориентируясь на перемещения пум, исследователи искали следы добычи: кости, кожу, шерсть. Там, где находили недоеденные туши, устанавливали видеокамеры.

Пума — специализированный охотник на средних и крупных копытных, в этих местах их добычу составляют преимущественно олени вапити *Cervus elaphus* и чернохвостые олени *Odocoileus hemionus*. Перекусывают хищники канадскими бобрами, североамериканскими дикобразами, енотами или калифорнийскими сусликами. На добычу пумы претендуют серые лисицы, койоты, некоторые птицы-падальщики, но их она может прогнать. Иное дело — барибал.

Пума охотится круглый год, а медведи зимой спят, поэтому исследователи разделили год на два сезона: «медвежий» и «немедвежий». В Колорадо медведи активны с 20 апреля по 2 ноября, в Северной Калифорнии — с 1 апреля до конца ноября, хотя в тех местах медведь может встретиться и зимой. Барибалы, как правило, интересуются добычей пумы, если она (добыча) весит более 40 кг. Примерно в половине случаев пуме, убившей оленя, не удастся его доесть: приходит медведь и прогоняет ее. Видеокамеры зафиксировали эти драматические эпизоды. Случаи, когда пума смогла отстоять добычу, можно

*Черный американский медведь барибал Ursus americanus и пума Puma concolor — клептопаразит и его хищник*

пересчитать по пальцам. Но однажды в Калифорнии взрослая самка, которую трехлетняя медведица прогнала от добычи, вернулась и убила паразита.

Пумы, одолеваемые барибалами, выходят из положения так же, как европейские рыси. В «медвежий» периоды они охотятся в полтора раза чаще, чем в сезон спячки, и добыча им достается помельче. Так, средний размер добычи в Колорадо около 56 кг при медведях и примерно 100 кг — без них. Правда, эту разницу можно объяснить не только активностью медведей, но и более высокой доступностью пищи. Весной у копытных появляются детеныши: их легче добыть, чем взрослого оленя, и они маленькие. А в «безмедвежий» сезон, напротив, мелких животных промыслить труднее, потому что они реже встречаются: калифорнийские суслики зимой спят, оленята не рождаются. Однако исследователи считают весьма вероятным, что весной и летом пумы выбирают жертву помельче, чтобы не привлекать ею медведей, предпочитающих крупные туши.

Ученых удивляет, что пумы не пытаются найти для охоты такие места, где медведи встречаются реже. Возможно, таких мест и нет. В Калифорнии можно выделить четыре разных ландшафта:



## ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

лиственные и хвойные леса, кустарники и луга. В Колорадо ландшафт разнообразнее, там встречаются хвойные, лиственные и смешанные леса, заросли можжевельника, кустарники и луга. Во всех этих местообитаниях плотность пум и барибалов примерно одинакова. Наблюдения показали, что ландшафты, в которых медведь находил оставленную пумой добычу относительно быстро, за 48 часов, искал более 96 часов или не находил вовсе, ничем друг от друга не отличаются. Следовательно, появление барибала — вопрос везения (или невезения, с какой стороны посмотреть) и не зависит от умения пумы выбирать места для охоты и трапезы.

Исследователи полагают, что ущерб, который причиняет пумам клептопаразитизм медведей, не настолько велик, чтобы принимать серьезные меры. Пумы от барибалов не прячутся, предпочитая чаще охотиться, и места охоты выбирают, ориентируясь на количество дичи, а не на численность медведей. Однако они получают передышку во время медвежьей спячки.

Описывая взаимоотношения хищника и жертвы, зоологи нередко упускают из виду, что на численность и тех, и других влияет клептопаразитизм. Обожранный паразитом хищник больше охотится, поэтому возрастает нагрузка на популяцию жертвы. Американские исследователи так и не выяснили, способствует ли клептопаразитизм уменьшению численности копытных или, напротив, пумы, подкармливая барибалов, служат буфером между ними и оленями, защищая их от прямого хищничества медведей. Если же разница в размерах между клептопаразитом и хищником достаточно велика, то хищники могут страдать от недоедания, как европейская рысь, и их численность будет снижаться. В общем, классический дуэт «хищник — жертва» превратился в трио «хищник — жертва — крупный клептопаразит», и взаимоотношения участников этого ансамбля еще предстоит изучать.

А ведь климат может потеплеть настолько, что период спячки существенно сократится или медведи вообще перестанут засыпать на зиму.

**Н. Анина**



# Ганс Айзенк: термометр, измерявший психику

Кандидат биологических наук  
**С.В.Багоцкий**

Четвертого марта 2016 года исполняется 100 лет со дня рождения одного из крупнейших психологов XX века Ганса Айзенка (1916—1997). Широкой общественности он известен в первую очередь благодаря тестам, призванным количественно измерять интеллект (тесты IQ).

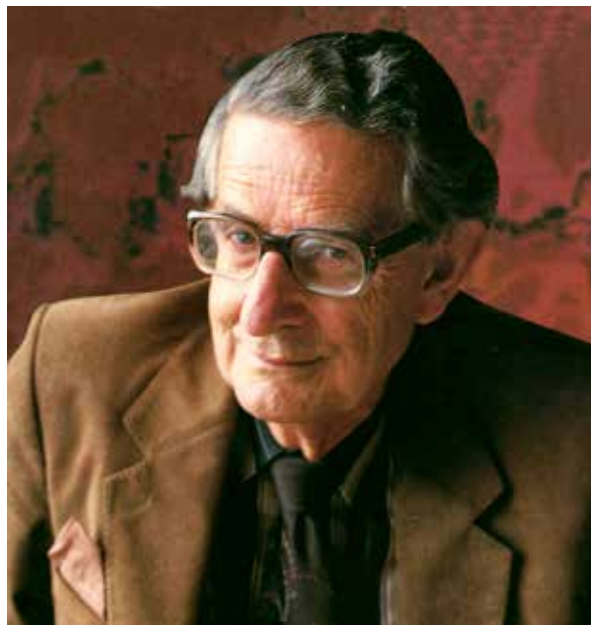
По происхождению Ганс Айзенк — немец, хотя большую часть жизни прожил в Англии. Он родился в семье не слишком преуспевающих киноактеров, вскоре после рождения ребенка родители разошлись. В юности Айзенк увлекался разными экзотическими предметами, в частности астрологией, и даже составлял гороскопы для лидеров нацистской партии. Свои гороскопы вместе с советами воздержаться от агрессии и насилия Айзенк посылал Геббельсу и Гиммлеру, но ответа не получил.

В середине 1930-х годов Ганс Айзенк с семьей эмигрировал сначала во Францию, а затем в Англию. Будущий великий психолог мечтал стать физиком, однако поступить на физический факультет хорошего университета ему не удалось. Поэтому он занялся изучением истории и литературы, а затем переключился на психологию, которую изучал в Лондонском университете. После окончания университета работал психологом и заведующим психотерапевтическим отделением в госпитале. С 1955 года Ганс Айзенк — профессор психологии Лондонского университета (с 1983 года почетный профессор).

Еще в студенческие годы (а возможно, и раньше) Айзенка очень интересовало, почему некоторые люди становятся великими и чем великие люди отличаются от обычных. Для решения этого вопроса он пытался использовать методы астрологии, но затем разочаровался в них, предпочтя твердую почву психологических подходов. Наверное, именно по этой причине в центре внимания Айзенка оказалась дифференциальная психология, пытающаяся понять, чем психика одних людей отличается от психики других.

Первое крупное исследование в области дифференциальной психологии он провел сразу после Второй мировой войны. Его результаты были опубликованы в книгах «Dimensions of Personality» (1947) и «The Scientific Study of Personality» (1952). Айзенк исследовал две большие группы военнослужащих. В первую вошли те, кого начальство считало здоровыми и соответствующими требованиям уставов, во вторую — невротики, нуждающиеся в помощи психологов.

Ганс Айзенк провел большую кропотливую работу и выяснил, что невротики достоверно отличаются от здоровых солдат по 39 показателям. Используя методы факторного анализа, Айзенк сгруппировал эти показатели в четыре группы и высказал предположение, что показатели внутри каждой группы связаны между собой. Таким образом он выделил две пары базовых параметров: экстравертность-интровертность



*Ганс Юрген Айзенк*

и стабильность-нестабильность (невротичность). Айзенк постулировал существование четырех типов личности, которые отличаются по выраженности этих параметров: стабильный экстраверт, нестабильный экстраверт, стабильный интроверт, нестабильный интроверт. Позже, уже в 1970-х годах, он ввел еще одну пару базовых параметров: психотичность — непсихотичность. (О типах личности по Айзенку см. «Химия и жизнь», 2001, 10.)

Судя по всему, сам Айзенк был нестабильным экстравертом.

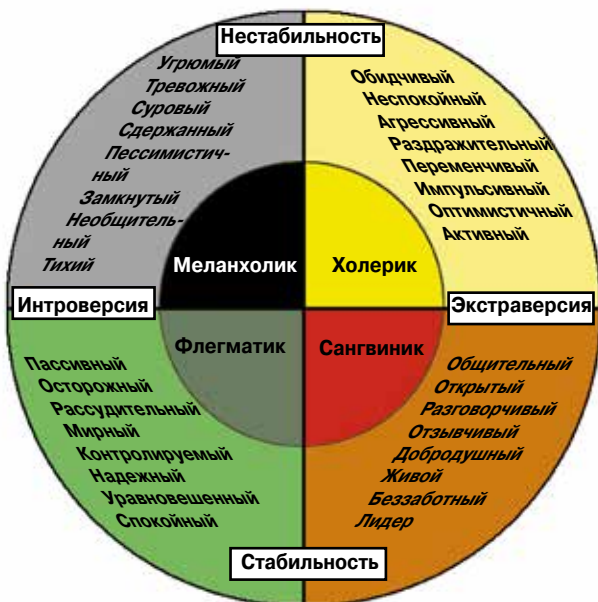
Айзенк высказал очень интересную гипотезу о физиологической основе экстравертности-интровертности. Он предположил, что, вопреки распространенному мнению, в нервной системе интровертов процессы возбуждения выражены сильнее, чем у экстравертов, а процессы торможения — слабее. Поэтому интроверты не стремятся к большому количеству получаемых извне впечатлений — они их утомляют. У экстравертов же поток впечатлений поддерживает тонус нервной системы.

Одним из доводов в пользу точки зрения Айзенка стал так называемый тест лимонной капли. Если капнуть на язык лимонного сока, то у интровертов выделится в два раза больше слюны, чем у экстравертов.

Если экстравертность-интровертность связана, по мнению Айзенка, с различной возбудимостью коры головного мозга, то стабильность-нестабильность — с различной возбудимостью подкорковых структур, отвечающих за мотивацию и эмоциональное состояние. У нестабильных индивидов эта интенсивность значительно выше. Айзенк предполагал, что различия психотичности-непсихотичности связаны с гормональным фоном, но какой-то целостной концепции по этому поводу не представил.

Он отмечал также, что, коль скоро за принадлежностью человека к определенному типу личности стоят определенные физиологические особенности, она в значительной степени должна определяться генетически.

Ганс Айзенк и его последователи установили немало интересных и неожиданных различий между разными психологическими типами. Так, экстраверты гораздо терпеливее переносят боль, любят пить кофе и болтать с коллегами в рабочее время, пользуются большим успехом у лиц противоположного пола. Среди интровертов чаще встречаются «жаворонки», в то время как среди экстравертов — «совы». Интроверты в



Знаменитый «круг Айзенка».

По: Eysensck H.J. and Eysensck M.W. *Personality and Individual Differences*. Plenum Publishing, 1958

среднем учатся лучше, чем экстраверты, но чаще бросают учебу по психологическим причинам. Интроверты предпочитают работу в области науки и техники, экстраверты любят работать с людьми.

Айзенк попытался установить связь между типом личности и вероятностью развития определенных заболеваний, как психических, так и соматических. Например, истерический невроз более вероятен у нестабильных экстравертов, так же, как и болезни сердца. А у нестабильных интровертов часто бывают депрессии и состояния тревоги.

Чтобы определить принадлежность человека к тому или иному типу, Ганс Айзенк разработал ряд вопросников, ответы на которые допускают количественную обработку. Эти опросники используются и поныне, «Химия и жизнь» их тоже публиковала (2001, 10). Нетрудно найти такие опросники в Сети, хотя к найденному в Сети относиться следует критично: так, совмещение типов личности по Айзенку с зодиакальными гороскопами вряд ли имеет научную основу.

Вообще говоря, в психологии предлагались разные классификации типов личности. В нашей стране (главным образом, в далеких от профессиональной психологии кругах) пользуется популярностью классификация, созданная в 1970-х годах литовским психологом Аушрой Аугустинавичюте (1928—2005). Эта концепция получила название «соционика». В ее основу положены три параметра: «экстравертность-интровертность», «логика-этика» (интерес к миру или к человеческим отношениям), «сенсорика-интуиция» (приоритет чувственных ощущений или размышлений в познании действительности). Шестнадцать соционических типов получили псевдонимы в честь исторических лиц и литературных персонажей; если вас, казалось бы, безо всякого повода назвали Драйзером или Штирлицем, возможно, ваш собеседник увлекается соционикой.

Уже в первых работах Айзенка проявилось его стремление не только наблюдать, но и измерять. Он считал, что в психологии имеет смысл количественно выражать все что угодно. За это коллега прозвали Айзенка Термометром.

Пытаясь понять, почему одни люди умные, а другие — не слишком, Айзенк начал искать способ измерения интеллекта. Так, он использовал тесты для определения умственного развития детей, предложенные в 1905 году Альфредом Бине (1857—1911) и Теодором Симоном (1873—1961). По тому,

какой процент заданий решали дети, определялся их умственный возраст, который мог быть большим или меньшим, чем возраст биологический. В 1912 году немецкий психолог Вильгельм Штерн (1871—1938) ввел понятие «коэффициент интеллекта» (IQ), под которым он понимал отношение умственного возраста к биологическому, умноженному на 100. Это понятие позволило характеризовать интеллектуальный уровень ребенка вне зависимости от его возраста и рассматривать его динамику. Последующее изучение возрастной динамики IQ показало, что у большинства детей с возрастом он существенно не меняется.

Ганс Айзенк предложил использовать методику IQ для оценки интеллекта взрослых людей. При этом он переформулировал понятие коэффициента интеллекта: IQ по Айзенку — отношение правильно выполненных заданий к среднему числу заданий, правильно выполненных большой группой людей, умноженное на 100.

Читатель, который интересуется тестами, используемыми для измерения интеллекта, может найти их в Интернете и даже самостоятельно определить собственный IQ. Эти тесты представляют собой большое число задач на сообразительность, которые нужно решить за некий промежуток времени.

Массовое тестирование на IQ позволило сделать некоторые важные выводы. Во-первых, стало ясно, что коэффициент интеллекта определяется в значительной степени наследственностью: у однояйцовых близнецов его значения ближе, чем у разнояйцовых, IQ усыновленных детей более похож на IQ биологических родителей, чем на IQ приемных. Во-вторых, высокие значения IQ коррелируют со школьными успехами детей и с жизненным успехом у взрослых. В-третьих, существуют межрасовые и межнациональные различия в величине IQ.

Самый высокий IQ в странах Дальнего Востока: Японии, Тайване, Гонконге, Сингапуре, Южной Корее. Немного ниже, но все равно высокий IQ у жителей Китайской Народной Республики. Еще ниже и приблизительно одинаковый — в России и США. А самый низкий IQ в странах Африки.

Высокий IQ жителей дальневосточного региона мы можем объяснить, вспомнив о существовании «китайских головоломок». В этих странах уже несколько тысячелетий существует традиция давать детям решать трудные задачи. Многие такие головоломки сильно напоминают тесты на IQ, хотя в своем большинстве головоломки труднее.

Было бы, наверное, интересно сопоставить уровень IQ с традициями «народной педагогики» в разных странах. Эта педагогика включает в себя большое число загадок, задач на сообразительность с коварными ловушками. Полагаю, что народная педагогика влияет на IQ куда сильнее, чем школьное образование.

Кстати, тестовые задания с выбором одного ответа из нескольких изобрели, по-видимому, в России. Вспомним задачу: «А и Б сидели на трубе. А упала, Б пропала, кто остался на трубе?». Такие задачи учат человека вдумываться в условия,



Тест на темперамент, предложенный датским карикатуристом Херлуфом Бидструпом

искать нетривиальные решения: сообразить, например, что И — тоже буква.

В 2002 году вышла книга Р.Линна и Т.Ванханена «IQ and the Wealth of Nations» («IQ и богатство народов»), в которой читателей подводили к мысли о том, что причина низкого уровня развития большинства стран — наследственно обусловленный низкий интеллект их граждан, и поэтому слаборазвитые страны обречены оставаться на обочине мирового развития. Эта явно расистская идея была встречена широкой общественностью с неодобрением. Критики книги спрашивали, что, собственно, является причиной, а что — следствием. (Подробнее о том, что именно измеряет IQ, и о других влияющих на него факторах, таких, как обеспеченность семьи, условия, в которых растет ребенок, см. «Химию и жизнь», 2001, 11, 2010, 8, 9).

**Д**ействительно ли умение решать задачи на IQ показывает интеллект человека? Ответ на этот вопрос зависит от того, что мы понимаем под словом «интеллект». Это слово, вообще говоря, имеет несколько разных значений.

Первое значение, которое, собственно, и имеет в виду Айзенк, — это умение решать задачи на сообразительность, предложенные экспериментатором.

Второе значение — знакомство с идеями, популярными в определенном избранном кругу, и умение в этом кругу эти идеи воспроизводить, подобно Евгению Онегину, который умел

Без принужденья в разговоре  
Коснуться до всего слегка  
С ученым видом знатока,  
Хранить молчанье в важном споре  
И возбуждать улыбку дам  
Огнем нежданных эпитетов.

Третье значение — круг интересов человека. Он может быть более широким или более узким. Человека, чьи интересы не ограничиваются собственным материальным преуспеянием, мы часто считаем более интеллектуальным.

Четвертое значение — умение строить отношения с окружающими людьми (это качество обычно называется «социальным интеллектом»).

Круг интересов Чацкого, безусловно, шире, чем у Фамусова и его окружения. С идеями, популярными в кругу передовой молодежи, Чацкий знаком гораздо лучше, чем Фамусов. Но вот с точки зрения социального интеллекта у склонного к демонстративному поведению Чацкого имеются серьезные проблемы, как и у многих интеллигентных подростков. Да-да, у Чацкого типично подростковая психика, что использовал в

трагедии этой роли великий актер Василий Качалов: «Его Чацкий — очень молодой человек, почти мальчик. Ему девятнадцать-двадцать лет. Его многословие, его горячность, его отчаяние, его обличения, смешные в устах зрелого мужа, каким мы привыкли видеть Чацкого на сцене, вполне естественны, искренни и вызывают наше глубокое сочувствие в устах этого юного-юного мальчика» (М.А.Волошин. «Горе от ума» на сцене Московского Художественного театра. 1906).

И наконец, пятое, может быть, самое важное значение: внутренняя установка человека на то, чтобы самостоятельно разбираться в окружающей действительности, жить своим умом.

Уровень интеллекта в первом смысле определяется, по-видимому, двумя факторами. Во-первых, это умение пользоваться некоторыми алгоритмами решения задач. Вообще говоря, нет причин, по которым человека принципиально нельзя было бы научить пользоваться этими алгоритмами. Мозг человека, в отличие от мозга других животных, подобен ЭВМ, использующей универсальный язык программирования: речь. Как известно, на цифровой ЭВМ можно реализовать любой алгоритм, не выходящий за пределы быстродействия и объема машинной памяти.

Именно по этой причине мозг человека, эволюционно сформировавшийся в далекие первобытные времена, оказался пригодным для решения задач, которые ставит перед человечеством атомно-космический век: наш мозг ориентирован на решение не определенных, а произвольных задач.

Часто говорят, что результаты тестов на IQ не зависят от обучения. Но этот факт лишь свидетельствует о том, что наша система образования построена таким образом, что, приобретая знания в школе и вузе, человек интеллектуально не развивается. А может быть, как считают некоторые сердитые авторы, интеллектуально деградирует.

Не делая ошибок, невозможно ничему научиться. Но школа поощряет учеников, не делающих ошибок.

Вторая причина заключается в том, что, приступая к той или иной деятельности, человек сознательно или, чаще, подсознательно оценивает реальность ее успешного завершения. Если вероятность успеха оценивается низко, то человек старается увильнуть от работы. Как говорил выдающийся педагог Джон Холт: «Хороший ученик ищет способ решить задачу, плохой ученик ищет способ ее не решать». И нередко бывает, что в этих поисках слабый ученик демонстрирует куда больше интеллекта, чем его одноклассник, добросовестно решающий задачу.

В 1975 году американский психолог Мартин Селигман ввел понятие «выученная беспомощность». Если животному долго не удастся решить какую-либо жизненно важную задачу, оно прекращает попытки и начинает вести себя явно неадекватно.

Очень похоже на то, что основная причина школьной неуспеваемости — выученная беспомощность. Школьник, несколько раз не справившийся с заданием, теряет веру в

свои силы и желание выполнять дальнейшие задания. Этим, возможно, и объясняются низкие результаты тестов на IQ: ведь за прошедшие годы человек уже привык к тому, что он не способен решать сложные задачи.

Грамотно составленная контрольная работа должна начинаться с простых (и по возможности веселых) заданий и завершаться сложными. Так, тестовые задания для одной из Московских городских биологических олимпиад школьников мы начали с теста

*Ближайшим родственником человека является:*

- а) проказница мартышка;*
- б) осел;*
- в) козел;*
- г) косолапый мишка.*

Хорошо известно, что животные, умные во взрослом состоянии, как правило, беспомощны и глупы в раннем детстве. Птенец ястреба, которого выкармливают родители, значительно глупее самостоятельного цыпленка, но взрослый ястреб, несомненно, умнее курицы. Возрастная динамика IQ этому закону не подчиняется. Дети с повышенным коэффициентом интеллекта обычно сохраняют его и взрослея. Это также свидетельствует о том, что распространенная причина интеллектуальной недостаточности — выученная беспомощность.

При выполнении тестов на IQ важное, если не решающее значение имеет скорость выполнения работы. Эти тесты поощряют тех, кто действует быстро. Действительно, существуют сферы деятельности, где быстрота принятия решений играет решающую роль, например в армии, гражданской авиации, хирургии. Но есть сферы, где важна не скорость, а глубина мышления. Например, в науке или изобретательстве, где первое пришедшее на ум решение обычно не бывает лучшим.

Чарльз Дарвин в своей автобиографии очень сдержанно характеризовал свои интеллектуальные способности. По-видимому, за этим стояла не только украшающая великого человека скромность, но и трезвая самооценка. Дарвин не обладал быстрым умом, но был склонен долго размышлять над интересующими его проблемами. Поэтому-то он и сумел создать теорию естественного отбора.

По-видимому, наиболее содержательно пятое значение термина «интеллект»: стремление жить своим умом, не принимая на веру общепринятые мнения. Такая установка способствует и развитию интеллекта в первом смысле, то есть обогащению новыми сложными алгоритмами решения проблем.

В конце концов, развитие любой психической функции обеспечивается положительными обратными связями: чем больше человек занимается той или иной деятельностью, тем сильнее развиваются его способности и тем больше ему хочется заниматься именно этим. Сверхталантливые люди отличаются от обычных тем, что такие связи работают у них не короткий промежуток времени в определенном возрасте, а большую часть жизни. А то и всю жизнь.

**Ч**то можно сказать о характере самого Ганса Айзенка? Несомненно, он был очень азартным и экстравагантным человеком, любил провоцировать окружающих скандальными заявлениями, вызывая огонь на себя. Он сам продавал свои книги и вступал в научные дискуссии с покупателями.

В 1971 году Ганс Айзенк опубликовал статью «Раса, интеллект и образование», в которой написал, что среднее значение IQ у представителей негроидной расы на 15 единиц меньше, чем у европеоидов, и что эти различия определяются наследственными задатками. Поэтому-де обществу не следует проявлять особых забот об образовании для негров. Статья вызвала большой скандал. В 1973 году возмущенные студенты Сорбонны даже избили Айзенка. Полиция возбуди-



ло уголовное дело, однако психолог заявил, что он не имеет претензий к студентам. Дело замяли.

За сто лет до того вопрос об интеллектуальных различиях между европеоидной и негроидной расой обсуждал выдающийся русский публицист Дмитрий Иванович Писарев (1840—1868). Как в XIX веке, так и в наши дни критики расизма в качестве главного аргумента приводят мысль об интеллектуальном равенстве людей всех рас. Писарев четко указал на уязвимость подобной аргументации: а вдруг завтра обнаружится, что белые и негры действительно неравны в интеллектуальном отношении? Значит ли это, что неграми можно торговать, как скотиной, и вообще подвергать дискриминации?

— Нет, не значит! — отвечал Писарев в статье «Посмотрим!» (1865). Ибо там, где существует угнетение человека человеком, где существуют люди первого и второго сорта, невозможна нормальная жизнь ни для тех, кто внизу, ни для тех, кто наверху. Не может быть свободным народ, угнетающий другие народы или же часть населения собственной страны. Поэтому борьба против расового, национального и иного угнетения необходима и естественна для любого порядочного человека.

Разумеется, мысли о превосходстве белых людей над неграми у нас не встречают сочувствия. Но гораздо важнее мысль о том, что даже если такое превосходство существует, расистские выводы из этого никак не следуют. И на данные по IQ у представителей разных рас прогрессивному человечеству следует смотреть спокойно — эти данные ничего принципиально не меняют.

Айзенк очень скептически относился к работам Зигмунда Фрейда. Он считал, что сочинения основоположника психоанализа следует рассматривать не как научные работы, а как художественную литературу. В книге «Закат и гибель империи Фрейда» Айзенк жестко раскритиковал психоанализ и его поклонников. Критически он оценивал и возможности психотерапии: по его мнению, психотерапевтические методы действуют на больных только тогда, когда они уже находятся на пути к выздоровлению. Для лечения некоторых не слишком серьезных психических нарушений Айзенк предлагал жесткие методы, такие, как электрошок, препараты, вызывающие болезненные ощущения, и т. д. А детей, которые устраивают истерики, Айзенк предлагал запиравать на некоторое время в комнате.

Научная продуктивность Ганса Айзенка была огромной. За свою жизнь он опубликовал 45 книг и более 600 статей. Его научное наследие вызывало и вызывает много споров. Наверное, это обстоятельство следует поставить в заслугу великому психологу. Ведь работы, которые встречают вежливым равнодушием, вряд ли имеют большую ценность для науки.

Выражаю глубокую благодарность доктору биологических наук Наталье Леонидовне Горбачевской за внимательное чтение статьи и ценные замечания.

# Новый дом для тропических бабочек



Экспозиции живых тропических бабочек — прекрасная идея, и она становится все более популярной. Такие экспозиции появились во многих городах нашей страны. Например, есть отдел живых бабочек в музее насекомых Пятигорска, который создал мой добрый друг Валентин Владимирович Тихонов, кандидат биологических наук, один из крупнейших знатоков и исследователей бабочек Кавказа.

Великолепный московский Дом живых тропических бабочек на ВВЦ («Химия и жизнь», 2014, 1), к сожалению, был уничтожен в 2014 году.

Тем радостнее было узнать, что в Москве открылась новая выставка живых бабочек из тропиков. Создал ее выпускник биофака МГУ Василий Анатольевич Захарченко. Ранее он работал биологом в Доме бабочек на ВВЦ и сумел найти местные растения для корма гусе-

ницам. Африканский монарх *Danaus chrysippus* и американский монарх *D. plexippus* согласились есть ластовень острый *Cinanchum acutum*, а представители рода *Troides* — кирказон обыкновенный *Aristolochia clematitis*. (Гусеницы этих видов и в природе предпочитают растения, ядовитые для людей и животных, что делает несъедобными самих гусениц.) Отловом и разведением бабочек Василий занимался во многих тропических регионах — на Тринидаде, в Камбодже, Лаосе.

От метро «Багратионовская» иду к торговому комплексу «Горбушкин двор» и вижу изображение огромной, в рост человека, ярко-синей бабочки морфо. Открываю дверь и оказываюсь в небольшой светлой комнате. На стенах, на потолке, на растениях в кадках, на кормушках с ломтиками апельсина сидят огромные тропические бабочки сказочной красоты. Изредка перелетают с места на место, медленно взмахивая сияющими крыльями. В прозрачном ящике висят крупные куколки и коконы.

Мое внимание привлек древесный лист, прикрепившийся черешком к потолку. Это — бабочка калима. Со сложными крыльями она неотличима от сухого листа, а раскрыв их, золушка превращается в принцессу.

Сразу вспоминаю Непал, лес на берегу озера Фева. Калима стремительно подлетает к ветке дерева и становится листом. Дотянуться до нее сачком я не мог. Через пару минут бабочка соскальзывает с ветки вниз по спирали, на земле сразу складывает крылья и склоняется набок, опираясь на хвостик «черешок». Поразительно, что и своим поведением она имитировала падающий лист!

Естественно, насекомое, подражающее неодушевленному предмету, и в опасности должно оставаться неподвижным. Ловил я ночных бабочек на свет в перуанской сельве недалеко от Амазонки. Неожиданно на освещенную простыню, расстеленную под лампой, сверху, из темноты, упала изрядная порция птичьего помета. При ближайшем рассмотрении оказалось, что это крупная бабочка древоточец, прижавшая к туловищу белые крылья с



*Triodes rhadamantus*



*Kallima inachus*



*Morpho peleides*



*Papilio thoas*

черным крапчатым рисунком. Сходство с пометом было полным. У меня в руках бабочка продолжала играть свою роль и не шевелилась.

А здесь, даже среди других прекрасных обитателей выставки, выделяется яркостью и активным полетом роскошная самка филиппинского тройдеса радаманта (*Troides rhadamantus*). К моему изумлению, оказалось, что она уже месяц как вышла из куколки — обычно бабочки живут не более недели. Слово заметив мое восхищение, тройдес доверчиво села мне на голову.

Чувствуя нежное прикосновение ее цепких лапок, я вспоминал свои первые встречи с тройдесами. Вот схожу с лодки на песчаный берег озера Фева и сразу вижу огромную красавицу — тройдеса елену (*T. helena*). Величественно, редко взмахивая крыльями, она стремительно летела вдоль заросшего лесом склона. На фоне зеленой, блестящей под солнцем плотной листвы удивительно ярко светились золотисто-желтые задние крылья, будто принадлежащие не ей, а другому существу. Вся загадочность и все великолепие тропиков воплотились в этой бабочке.

В поисках посещаемых тройдесами мест выхожу к зарослям кустов, густо

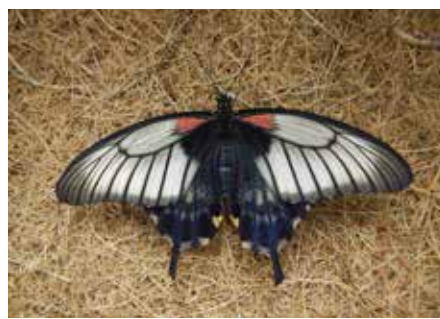


*Doleschallia bisaltidae*

усыпанных средней величины нежно-розовыми цветами. Их сладкое благоухание я ощутил еще за несколько метров. А около двух часов к кустам подлетел тройдес. Громадная бабочка, трепеща удлинненными бархатно-черными передними крыльями и округлыми золотыми задними, зависла над цветком, едва касаясь его длинными лапками. Не задерживаясь, она перелетала с цветка на цветок, успевая насладиться нектаром из каждого. В глаза бросилось ее ярко-желтое брюшко — сигнал: бабочка ядовита. И царственно спокойный полет — следствие защищенности.

Вскоре я уже знал: прекрасные тройдесы елена и эак (*T. aeacus*) прилетают сюда полакомиться нектаром около девяти утра и двух часов дня.

В тот день, как обычно, к девяти на завтрак прилетели два царственных тройдеса. Однако на обед они появились к двенадцати. Что же заставило их изменить режим? Разгадка явилась скоро. К часу в небе вдруг сгустились черные тучи и хлынул тропический ливень с градом, крупным, как перепелиные яйца. Да-а, теперь, через 250 миллионов лет после появления первых чешуекрылых, трудно назвать иные существа, которые столь наглядно бы демонстрировали свое умение приспосабливаться к природным условиям.



*Papilio lowi*

Все фото:  
А. Котин, В. Захарченко



РАДОСТИ ЖИЗНИ

Рядом с комнатой бабочек Василий Анатольевич показал мне аудиторию, где он планирует читать школьникам лекции о бабочках в рамках научно-познавательного центра «Тропикариум». Замечательно, что у нас в Москве снова появилась возможность в любое время года и в любую погоду увидеть чудесных бабочек и многое узнать о них.

Наблюдения за бабочками не только дарят нам радость. Созерцание этих чудесных созданий обостряет восприятие и понимание прекрасного, делает человека счастливее. Чувство прекрасного необходимо и ученому: при исследовании новых явлений накопленные знания помогают не всегда, подчас приходится руководствоваться принципами гармонии. Наконец, интерес к жизни бабочек, их изучение развивают наблюдательность и системное мышление, дарят исследователю ключ к углубленному пониманию природы, счастье познания скрытых связей и явлений. Когда я искал бабочек в горах, в тайге, в джунглях, мне приходилось думать, учитывая многочисленные факторы, не менее напряженно, чем в лаборатории при поиске новых путей синтеза целевого соединения.

Как говорили в старину, свежие впечатления питают душу и развивают ум. Не все могут отправиться в Перу и Тринидад, однако проехать в метро, чтобы увидеть тропических бабочек, под силу каждому горожанину.

Подробная информация о выставке живых бабочек и экзотических беспозвоночных в Москве: <http://www.tropicarium.ru>.

Доктор химических наук,  
профессор  
**Л. В. Каабак**

# Кисель

**Что такое кисель?** Кисель — это традиционное русское блюдо на крахмально-мучной основе. Сейчас его готовят главным образом из фруктового или ягодного сиропа, в который добавляют разведенный крахмал, картофельный или кукурузный. Но тысячу лет назад ни кукурузы, ни картошки на Руси не знали и кисель заваривали из муки.

Очищенное овсяное зерно содержит до 50% крахмала, рожь — более 60%, пшеница — примерно столько же. Но пшеница стоила дорого, а у ржи вкус грубоват, поэтому самыми распространенными киселями были овсяный и гороховый. В гладкозерных сортах гороха 45—61% крахмала, в морщинистых (мозговых) всего 21—33%.

Традиционный кисель, овсяный или гороховый, не сладок и десертом не был. Горячий кисель хлебали как суп, а когда он застывал, то становился настолько плотным, что вполне подходил на роль берегов для молочной реки. Такой кисель ели, разрезав на куски.

Кисель мог быть блюдом повседневным или праздничным, смотря из чего приготовить и с чем подать. Жидкий овсяный кисель ели с хлебом или постным маслом, а густой, сваренный с медом, фруктами или ягодами, запивали молоком. Сладкий овсяный кисель со смородиной или другой красной ягодой назывался красным. «Домострой» включает кисель в перечень воскресных и праздничных блюд для челяди наряду с блинами и пирогами.

**Почему «кисель»?** Название киселя происходит от общеславянского глагола «кысати», что значит кыснуть. Муку или дробленое зерно заливали водой, добавляли корочку черного хлеба и оставляли в печи на сутки-двое. Горячая вода вымывала из муки крахмал, и он образовывал коллоидный раствор. Заквашенную смесь процеживали сквозь сито и упаривали в печи до загустения. Сейчас это делают на медленном огне при непрерывном помешивании. Крахмальный раствор при нагревании до 60—80°C превращается в набухшую студенистую массу — клейстер. Если варили плотный кисель, его заливали в специальные формы, кисельницы, с рельефным узором на дне. Когда кисель застывал, его выкладывали на лоток узором кверху. Эдакий студенистый печатный пряник. Начиная с XVII века производством киселей стали заниматься специальные люди, кисельники, которые разносили свой товар по улицам в лотках.

**Сказание о белгородском киселе.** Эта история неизбежно всплывает, когда заходит речь о киселе, но умолчать о ней невозможно. Ее поведал летописец Нестор в «Повести временных лет». В 997 году печенеги осадили Белгород-Киевский, город на берегу реки Ирпень, к юго-западу от Киева. Князя Владимира Красное Солнышко в то время поблизости не оказалось, и защитить город было некому. Измученные голодом горожане уже готовы были сдаться, но один старец сказал им: «Соберите хоть по горсти овса, пшеницы и меда и сварите сытный кисель. Выкопайте колодец и поставьте в него бочку с киселем». Люди поскребли по сусекам, сварили кисель, пригласили печенежских послов и угостили киселем из колодца: «Зачем губите себя? Разве можете осаждать наш город бесконечно? Если будете стоять и десять лет, то что сделаете нам? Мы имеем пищу от земли». Печенеги попробовали кисель, подивились и сняли осаду.

**Овсяный кисель, ускоренный рецепт.** Этот рецепт взят из «Книги о вкусной и здоровой пище» 1947 года. Два стакана овсяной муки или толокна (муки из овсяного зерна, которое сначала пропарили и обжарили, а уже затем очистили) заливают четырьмя стаканами теплой воды, хорошо размешивают, кладут корочку черного хлеба и оставляют, закрыв, на шесть — восемь часов в теплом месте. Затем доливают еще четыре стакана воды, процеживают, добавляют две чайные ложки соли (и столовую ложку сахара, если нужен сладкий кисель) и варят на слабом огне, непрерывно помешивая. После пятиминутного кипения кисель разливают в глубокие тарелки и подают с маслом или молоком.

**Гороховый кисель.** В отличие от злаковых киселей, его не заквашивают, поэтому приготовление занимает меньше времени. Один стакан колотого гороха нужно смолоть, муку залить 2,5 — 3 стаканами воды и варить на небольшом огне, непрерывно помешивая, до загустения. Процесс занимает 30—40 минут после закипания. В конце варки кисель солят и разливают в формы. Едят его остывшим, с мясной подливкой, соленьями, квашениями, жареным луком, грибами, зеленью.

Гороховый кисель вкусен, но очень калориен, он может вызвать аллергию или вздутие живота.



**На сцену выходит крахмал.** В XIX веке в России появился недорогой картофельный крахмал, а вслед за ним — сладкие фруктовые и ягодные крахмальные кисели. Не надо было ничего квасить, только развести крахмал и влить в кипящий фруктовый сироп. Эти блюда быстрого приготовления вытеснили традиционные русские кисели.

Увы, не только время экономит кисель, но и продукты недобросовестным кулинарам. Зачастую это крахмалистая жидкость со слабым фруктовым вкусом.

Не стоит, однако, считать крахмальный кисель третьесортным блюдом. Это прекрасный десерт, если правильно его приготовить. Прежде всего надо определить желаемую консистенцию. Если взять столовую ложку крахмала на стакан жидкости, кисель получится настолько плотным, что его можно будет резать на куски и подавать на тарелочке с молоком, взбитыми сливками или сиропом из другого сорта ягод. А можно сварить несколько разноцветных киселей (молочный, шоколадный, яблочный, вишневый) и наслаивать в больших прозрачных стаканах. Наслаивают кисели уже слегка остывшими и, прежде чем добавить следующий слой, охлаждают предыдущий до полного загустения. Чтобы получить питьевой кисель, берут чайную ложку крахмала на стакан жидкости. Совсем жидкий кисель хорош как подливка к сладким омлетам или творожным блюдам.

Эти расчеты приведены для картофельного крахмала, наиболее распространенного. Если же мы хотим приготовить молочный или миндальный кисель, лучше взять кукурузный крахмал: он, в отличие от картофельного, не имеет желтоватого оттенка, и десерт получится белоснежным. Однако кукурузный крахмал слабее, и его нужно вдвое больше, чем картофельного. Дело в том, что крахмальные зерна содержат в небольших количествах белки, жирные кислоты и минеральные вещества, в том числе фосфорную кислоту, а от количества фосфора зависит степень вязкости крахмала. В картофельном крахмале около 0,18% фосфорной кислоты: в три-четыре раза больше, чем в крахмале зерновых культур.

И еще. Чем гуще кисель, тем больше в него придется класть сахара, чтобы перебить крахмалистый вкус, и тем калорийнее он получится.

**Из чего варят сладкие кисели.** Кисели готовят из свежих или сухих фруктов и ягод, в том числе из черноплодной рябины и шиповника; из ягодного сока или сиропа, варенья, меда, вина, кваса, кофе, чая, молока или сливок, яиц, миндальных орехов, тыквы, дыни, ревеня, щавеля или кислицы. Помимо сахара, в кисели добавляют пряности: ванилин, лимонную или апельсиновую цедру, гвоздику, корицу.

Чтобы кисель получился вкусным, важно не пожалеть фруктовых ингредиентов и правильно развести крахмал. Его тщательно размешивают в холодной жидкости (кипяченой воде, фруктовом отваре, молоке или квасе), объем которой составляет одну пятую от общего объема киселя. Такое соотношение советовал В. Похлебкин.

Разведенный крахмал вливают в уже готовый кипящий сироп, с которого сняли пенку, быстро перемешивают и снимают с огня. Картофельный крахмал кипеть не должен, а кукурузный, чтобы он загустел, кипятят три-четыре минуты. Если рецепт киселя содержит ягодный сок, его добавляют в смесь сиропа и крахмала. Чем меньше сок кипит, тем лучше вкус у киселя.

**И концентраты.** Для тех, кому недосуг осваивать эти премудрости, промышленность производит сухие концентраты киселей. В их состав входят картофельный крахмал, сахарный песок, органические кислоты: лимонная, молочная или виннокислотная, пищевые красители и ароматизаторы, а также экстракты плодов и ягод либо их измельченная или высушенная мякоть. Кисели выпускают в виде брикетов и порошков. Порошок не должен быть слипшимся, иначе кисель получится жидким.

Концентраты киселей используют не только по прямому назначению, но и для выпечки. Брикетты разминают до порошкообразного состояния, добавляют пшеничную муку (ее надо взять в два раза меньше, чем сухого киселя) и немного соды. Все это тщательно перемешивают и по одному вбивают яйца. На 200 г киселя потребуется три яйца. Получается тесто, напоминающее по густоте сметану. В него можно намешать сухофрукты, орехи, варенье, мед, специи — что фантазия подскажет. Выпекают кекс 40 минут при 180°C.

**Чем полезен кисель.** Кисель — обволакивающее средство. Он полезен людям, страдающим повышенной кислотностью желудочного сока, колитами, гастритами, защищает от дисбактериоза. Особенно хорош в этом качестве овсяный кисель.

Разумеется, в киселе есть и витамины, микроэлементы, органические кислоты. Их состав зависит от продуктов, из которых приготовлено блюдо. В любом случае о пользе киселя имеет смысл говорить лишь тогда, когда он приготовлен из натуральных продуктов. И не забывайте о калориях.



Н. Ручкина





# Реалити

Эдуард Шауров

Кабриолет затормозил возле новенькой помпезной высотки с барельефами. Богдан расплатился с сидящим на козлах шофером, выбрался из машины и помог вылезти Ляле. Они остановились на краю тротуара под сияющим знаком стоянки. Ляля, прижимая к груди изысканный ультрамариновый букетик, украдкой огляделась по сторонам. Она раньше никогда не бывала в этой части города. Тротуары, выложенные нежно-голубой и розовой плиткой, высокие витые фонари с хрустальными стеклами, узорчатые рамы рекламных экранов и разноцветные голуби на широком лепном карнизе: желтые, фисташковые, бледно-фиолетовые, как кожа кальмара. Аккуратно постриженные деревья похожи на воздушные шарики, подвешенные над мраморными бордюрами. И вереница виноградных улиток с зеркальными раковинами, ползущая по стойке сияющего знака. Ляля подняла голову: высоко в небе, между крышами многоэтажек, кружил золотистый дракон... В общем-то все как и везде.

— Спасибо, — сказал Богдан в открытое окно машины.

— Валите, насекомые, — мрачно процедил шофер, глядя на пару с гадливым выражением. Явный гипер...

Ляля постаралась не обижаться и вообще не обращать внимания. Гиперы часто бывают грубыми. Богдан поймал ее за руку и потянул к стрельчатым дверям холла.

— А куда мы? — весело допытывалась Ляля в ажурном лифте.

— К одному человеку. — Богдан таинственно улыбался красивым аристократическим ртом. — У него здесь студия.

— Ух ты! А кто он?

— Он интерхакер. И чинит экзоскилы.

— Здорово. А это будет не больно?

— Нет. Это же офтософт. Не больше апгрейда.

Лифт вынес их на тридцатый этаж, в застекленную галерею. Сквозь прозрачные до воздушности стекла открывался вид на город, на зубчатые башенки соседних зданий, на шпили, стрельчатые окна. Ляля отчетливо видела, как колышутся флажки на антеннах, как помаргивают росчерки голорекламы. Над крышами, в небесной синеве парил уже не один дракон, а целых четыре.

— Сюда, — ласково позвал Богдан, увлекая Лялю к ряду дверей на другой стороне зала.

Они проскочили галерею и остановились у одного из проходов.

— Ты точно согласна? — еще раз спросил Богдан. — Если мы хотим строить отношения...

— Я согласна, — в десятый раз сказала Ляля. — Я так тебя люблю, что вообще на все согласна.

— Для меня это очень важно. — Богдан, нахмурившись, приложил ладонь к гостевому сенсору и сказал: — Это мы.



ФАНТАСТИКА

Студия сразу понравилась Ляле. Достаточно просторная и обставленная с большим вкусом: зеркала во всю стену, золоченые консоли под блоками компьютерной станции, кресла с высокими узорчатыми спинками, ряды бронзовых слонов, шагающих по потолку. И хозяин студии Ляле тоже понравился: невысокий, скуластый и черноволосый, одетый в бежевый домашний костюм.

— Знакомься, это Айдар, — проговорил Богдан.

Ляля подала ручку, и хакер галантно пожал кончики ее пальцев.

— Дарик, — сказал он, измеряя Лялю ироничными раскосыми глазками. И добавил, обращаясь к Богдану: — Обалдеть, какая она у тебя карамельковая. Я бы с такой за день ошизел.

— А ты иди приборы готовь, — отозвался Богдан.

— Да уж сделано... почти. — Айдар, насвистывая, ушел в глубь помещения.

— Он случайно не гипер? — шепотом спросила Ляля. — Чего он так смотрит?

— Нет, — Богдан покачал головой. — Дарик не гип. Скорее наоборот. У него прокачанный «хамелеон». Пока Дарик стоит с кем-то рядом, его головняк вскрывает и эмулирует чужой офтософт. Он вроде как смотрит на мир твоими глазами.

— А это законно? — осторожно спросила Ляля.

— Конечно, нет.

— Готово, — сообщил Айдар. — Можно садиться. Цветы положи куда-нибудь.

Ляля и Богдан подошли к одному из разложенных кресел. Ляля передала своему спутнику букет и опустилась на упругую белоснежную поверхность.

— Мне нравится нежный оттенок бутонов, — сказала она между прочим.

— Цветочки... — пробормотал Айдар, цепляя на Лялин лоб и виски с десяток импульсаров.

Завершив манипуляции с присосками, он опустил девушке на глаза непроницаемые очки-бинокли.

— А это не опасно? — прошептала Ляля.

— Абсолютно. Я не программирую твой головняк, не трогаю импланты в сетчатке, просто на два часа блокирую твой глазной софт. Раз, два, три.

— Что «три»? — не поняла Ляля.

— Готово.

Айдар один за другим отсоединил импульсары и снял с девушки очки.

— Але-оп!

Ресницы хлопнули. Раз. Другой. Не сводя глаз с потолка, Ляля подняла руки и потерла глаза кулачками.

— А где слоны? — спросила она изумленно.

— Тю-тю, — сказал Айдар.



## ФАНТАСТИКА

Поражаясь все больше и больше, Ляля поднялась с кресла и сделала несколько неуверенных шагов. Зеркала были на месте, но все остальное...

Студия изменилась, изменилась неуволнимо, но в то же время разительно. Исчезла позолота с консолей, перфорация в спинках кресел уже не казалась узорами, ряды слонов с загнутыми хоботами превратились в свисающие с потолка тупоносые крючья. Костюм Айдара больше не выглядел изысканным. Теперь Ляля отчетливо различала пятна на штанинах и мятые клапаны карманов.

Девушка подняла глаза на Богдана и чуть не вскрикнула. Знакомое и в то же время чужое лицо. Почему она считала, что у Богдана аристократичная внешность? Рот, нос, глаза — все выглядело как-то иначе, и фигура больше не казалась утонченно-гибкой, сотканной из струн.

Ляля, словно сомнамбула, шагнула вперед и вдруг увидела себя. Она отражалась в зеркальной стене. Озноб ужаса пробежал по Лялиной спине. В зеркале была не Ляля. Не такие огромные глаза, как она привыкла видеть в других зеркалах, не такой безупречный нос, не такие пухлые губы; волосы вместо золотистых казались рыжеватыми. Даже новенькое платье с пышной юбкой выглядело не таким ярким, как сегодня утром.

— Вы что? — осипшим голосом проговорила Ляля. — Вы что со мной сделали, уроды?

— Ничего, — сказал Богдан. — Просто импланты в твоей сетчатке зависли, и ты видишь мир таким, какой он есть на самом деле, а не таким, какой тебе показывает твой офтософт.

— Через час пятьдесят семь минут все станет как раньше, — добавил каверзный Дарик.

Потрясенная Ляля смотрела на свое отражение.

— Мне нужно было знать, — словно извиняясь, сказал Богдан, — как ты меня воспримешь без компьютерных примочек. Прости, но это действительно важно.

Глаза у него стали тоскливыми.

— Ты... — выплюнула Ляля. — Вы...

Она развернулась на каблуках и кинулась прочь из студии. На середине длинной галереи, возле захватанного пальцами витража, Ляля остановилась. Никаких зубцов на крышах, никаких флагов и драконов, только рекламные голограммы и неопрятные сосиски каких-то летучих устройств. Прижавшись лбом к холодному стеклу, Ляля смотрела вниз. Узкая лента тротуара рядом со стоянкой уже не выглядела голубовато-розовой. Она выглядела серой.

Богдан остановился за спиной девушки.

— Прости меня, Ляль, — проговорил он виновато. — Но это правда. Я вижу мир без подсветки и подкраски, и ты должна была заглянуть в реальную реальность хотя бы одним...

— Ненавижу тебя! — крикнула Ляля. — Ты урод! Извращенец!

Она кинулась к лифту и ударила ладошкой по сенсору.

— Через два часа все вернется на круги своя, — грустно пообещал Богдан.

Когда поцарапанные двери кабины разъехались в стороны, он протянул девушке букетик, который до сих пор сжимал в кулаке.

— Убери! — взвизгнула Ляля. — Убери свои цветы! Они мерзкие!

Она наотмашь ударила по букету, и синие бутончики разлетелись по матовой плитке пола.

— Позвони мне, — без особой надежды сказал Богдан в закрывающиеся двери.

Лифт тихо дзынькнул и пошел вниз.

— Не позвонит, — предрек Айдар.

Богдан, ссутулившись, смотрел себе под ноги.

— У нее небось «принцесса» стоит лет с пяти, как мама с папой инсталлировали? — Хакер покосился на приятеля.

— С четырех, — сказал Богдан. — Потом она только апгрейдилась.

Айдар сунул руки в карманы.

— Забавный ты чел, Богдаха, — сказал он со странным выражением. — Какую ты уже ко мне приводишь? Седьмую? Девятую? А толку — ноль. На фига тебе вся эта ерунда? Где ты найдешь цыпу, готовую жить без офто? В наше время у каждого свой визуал. У кого «амазонка», у кого «гомо», у кого «био», у кого дизайнерское «не пойми что». Взял бы эту мисс розовые облака с драконами и не мучился. Нет худа без добра. У нее ты всегда будешь принцем, даже немый и небритый.

— Не знаю. — Богдан поглядел в окно. — Мне кажется, это нечестно.

— Ты какой-то феномен, — сказал Айдар. — Слушай, никогда не спрашивал... А почему ты вообще живешь без офтософта?

— Так уж получилось. — Богдан развел руками. — Мои родители поставили мне имплантаты в сетчатку, но софт загружать не стали. Они считали, что я должен сделать это сам, когда смогу решать. В пятнадцать я поставил себе первую программу, потом за три года перепробовал два десятка вариантов, а потом решил, что мне лучше так.

— Ты точно феномен. — Айдар засмеялся. — Из моих знакомых круче тебя только один совсем оттянутый гип. Он сделал шестнадцать нелегальных прокачек, довел свой софт до такого экстремизма, что теперь видит людей исключительно слюнявыми монстрами вроде Чужого. Я раз заглянул, чуть не обделался... А знаешь, — Дарик вдруг сделался серьезен, — когда я пытаюсь эмулировать тебя, мой софт отключается, и это, брат, такая расслабуха...

Богдан быстро придвинулся к стеклу и показал куда-то вниз.

— Вышла, — сказал он. — Садится в такси.

— Абстиненция, — невпопад заметил Айдар. Он нагнулся, поднял с пола синюю фиалку, затем задумчиво произнес: — И чего она увидела в них мерзкого? По моему, нормальные цветочки.





# Московский Дом Книги

## СЕТЬ МАГАЗИНОВ



КНИГИ

**Пенни Лекутер,  
Джей Берресон**

Пуговицы Наполеона: семнадцать молекул, которые изменили мир  
ACT, CORPUS, 2015



**П**енни Лекутер, преподаватель химии из Канады, и американский химик Джей Берресон показывают читателю изнанку всемирной истории. Не боги, не цари, не герои, не народные массы и даже не великие идеи — миром правит химия. Невидимые глазу молекулы приводят в движение народы, армии и флоты, рождают и обращают в прах города и цивилизации.

**Марк Чангизи**

Революция в зрении: что, как и почему мы видим на самом деле  
ACT, CORPUS, 2014



**К**ак вышло, что наши глаза смотрят вперед, и почему у нас нет глаз на затылке? Каким образом зрение нас обманывает? Почему человек видит мир в цвете? Как родилась письменность, почему буквы выглядят именно так, и причем здесь естественный отбор? Неожиданные ответы на эти и другие вопросы дает известный американский нейробиолог.

**Фрэнк Райан**

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



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

**С.Д. Хайтун**

Феномен человека на фоне универсальной эволюции  
КомКнига, 2012



**А**втор рассматривает эволюцию, от Большого взрыва до био- и ноосферы на Земле, по-новому освещая феномен человека. Он считает, что «смысл жизни» индивида и социума — в следовании вектору эволюции. Полемизируя с монографией «Феномен человека» Тейяра де Шардена, автор приходит к заключению, что человек — не главная цель и итог эволюции, а лишь ее промежуточный финиш на одной из ветвей, приводящей к появлению разумных существ.

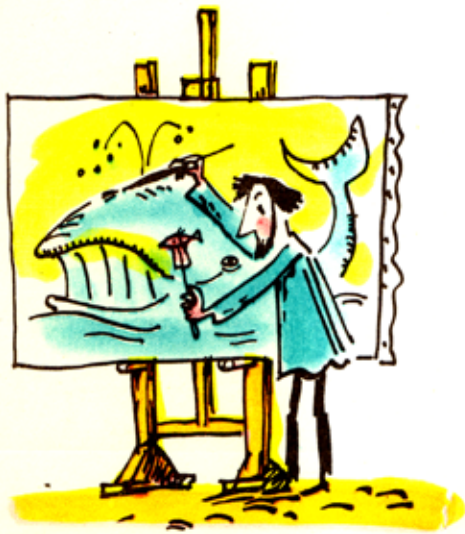
**Карл Циммер**

Микрокосм: E.coli и новая наука о жизни  
Альпина нон-фикшн, 2013



**К**ишечная палочка или *E. coli*, или, — микроорганизм, с которым мы связаны очень тесно, и он же — один из важнейших инструментов биологической науки. Эта бактерия принимала участие во многих крупнейших событиях биологии, от открытия ДНК до новейших достижений генной инженерии. Автор проводит удивительные и тревожные параллели между жизнью кишечной палочки и нашей собственной жизнью.

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



Художник Ф. Неллобин

## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Как не проиграть во «Всемирное рыболовство»

Эту обучающую игру придумал Деннис Медоуз, автор знаменитого доклада «Пределы роста». Игроки разделяются на команды — рыболовецкие компании, получают начальный капитал, покупают корабли, ловят рыбу, выручают прибыль... только вот запасы рыбы не бесконечны, как и в настоящем Мировом океане. Игра, основанная на математических моделях, полезна и для будущих управленцев, и для будущих биологов. Однажды я играла в нее вместе со студентами биофака, изучающими экологию. Все мы знали, что хищнический вылов опасен, что природу нужно охранять, тем не менее итогом игры стали исчезновение запасов рыбы и крах большинства предприятий. Компании, самой богатой к этому печальному моменту, преподаватель торжественно вручил банку консервированной кукурузы: «Потому что рыбы больше нет!»

Со второго захода игроки начинают понимать, что надо договариваться, вводить квоты на вылов, чтобы запасы рыбы успевали восстановиться, иначе всем будет хуже. Вопрос в том, придет ли это понимание к рыболовецким предприятиям и политикам в реальном мире.

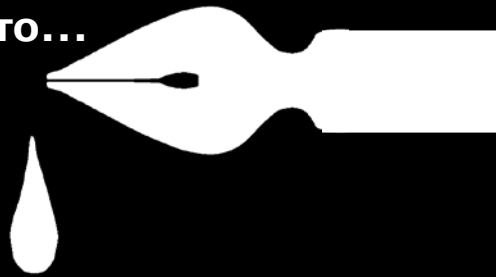
В 2013 году политики подписали соглашение, обязывающее все страны устанавливать квоты на вылов рыбы согласно рекомендациям ученых. На декабрьской встрече министров Евросоюза в Брюсселе все выражали удовлетворение тем фактом, что запасы важных промысловых видов, таких как треска Северного моря, восстанавливаются. (Опытные игроки во «Всемирное рыболовство» не торопились бы радоваться.) С другой стороны, например, треска в проливе Каттегат между Данией и Швецией все еще находится под угрозой, а квоты на ее вылов, принятые в Брюсселе, в три раза превышают рекомендации Международного совета по исследованию моря («Nature», 2015, 528, 7583, 435, doi: 10.1038/528435a). Больше, чем советуют ученые, собираются выловить трески в Кельтском море и хека.

В последнее время казалось, что общество услышало аргументы ученых. Если в 2001 году европейское рыболовство превышало квоты, установленные Советом министров Евросоюза, на 33%, то в 2015 году — всего лишь на 7% («Marine Policy», 2016, 64, 9—15, doi:10.1016/j.marpol.2015.11.001). Европа обещала и дальше двигаться к устойчивым стратегиям вылова, но брюссельские решения заставляют в этом усомниться.

Политиков можно понять, даже если не говорить о погоне за прибылью: людям, занятым в этой отрасли пищевой промышленности, нужна работа, всем жителям Земли нужно что-то есть. Но что-то есть нужно будет и нашим внукам. Как сказал представитель Еврокомиссии по проблемам рыболовства Кармену Велья, представляя очередные квоты: «Мы не можем сопоставить под угрозу долгосрочную устойчивость ради сиюминутных соображений». Посмотрим...

Е. Котина

## Пишут, что...



...исследовано геологическое строение дна лунной кратеры Богуславский, который выбрали для посадки спускаемого аппарата в рамках экспедиции «Луна-Глоб» Российского космического агентства («Астрономический вестник», 2015, 49, 6, 403—419)...

...ректор Каролинского института Андерс Хамстен подал в отставку из-за скандала с Паоло Маккиарини, специалистом по регенеративной хирургии и профессором института, после смертей прооперированных им пациентов, у которых не было угрозы жизни до операции («Science», 2016, doi: 10.1126/science.aae0315, 10.1126/science.aaf4058)...

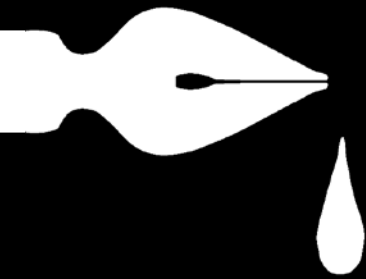
...данные филогеномики показывают, что митохондрии стали эндосимбионтами эукариотической клетки не в начале, а в конце ее эволюционного формирования («Nature», 2016, doi: 10.1038/nature16941)...

...нейронная гиперактивность может провоцировать образование амилоидных бляшек и развитие болезни Альцгеймера («The Journal of Neuroscience», 2016, 36, 2, 632—641, doi: 10.1523/JNEUROSCI.2531-15.2016)...

...создано приложение для смартфонов MyShake, анализирующее вибрации поверхности, на которой лежат устройства, и предупреждающее о землетрясении («Science Advances», 2016, 2, 2, e1501055, doi: 10.1126/sciadv.1501055)...

...предположение, что кастовая принадлежность муравья, то есть будет он цариком или рабочим, определяется метилированием генома, не подтверждается («Current Biology», 2016, doi: 10.1016/j.cub.2015.12.040)...

...молекулярные и надмолекулярные спиральные структуры служат для молекулярных машин не только жесткими конструкциями, позволяющими реализовать поступательные степени свободы, но и вентильными устройствами, благодаря которым реализуются и вращательные степени свободы («Известия РАН. Серия физическая», 2015, 79, 12, 1728—1732)...



...толстолупые камышовки из Среднего Приамурья, в отличие от своих собратьев из других регионов, отказываются пополнить ряды видов — воспитателей обыкновенной кукушки: они хорошо распознают ее яйца и в течение нескольких дней, тщательно изучив, избавляются от них («Зоологический журнал», 2015, 94, 12, 1413—1421)...

...интервью и эксперименты с участием представителей разнообразных религиозных традиций показали, что вера во всезнающих и карающих богов способствует справедливому поведению в отношении единоверцев, даже незнакомых, и, следовательно, формированию социальности («Nature», 2016, doi:10.1038/nature16980)...

...добавка в масло 0,01—0,1% скомканных листков графена, похожих на микроскопические бумажные шарики, сильно снижает трение и износ при смазывании («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2016, 113, 6, 1528—1533, doi: 10.1073/pnas.1520994113)...

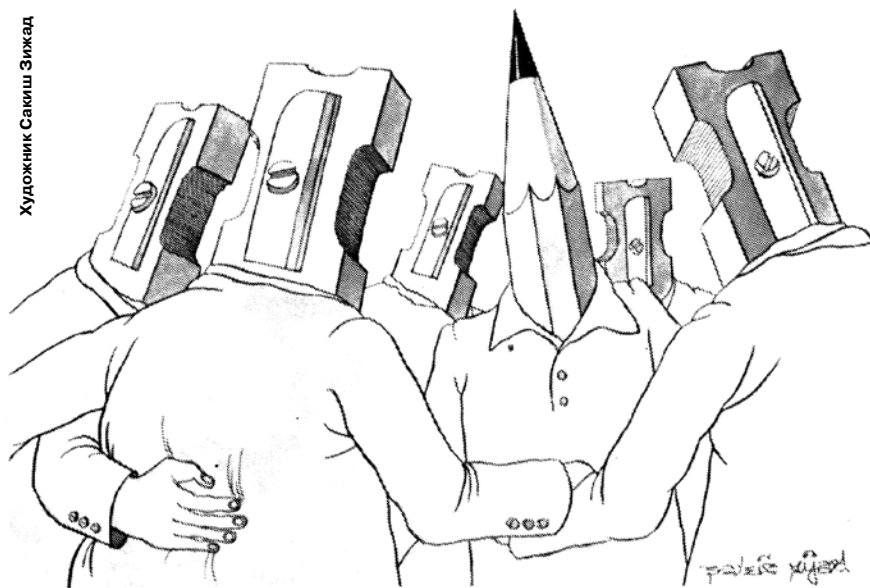
...исследовано влияние нейтронного облучения на ультрамелкозернистую сталь, которая используется при строительстве реакторов: дефектов радиационного происхождения не обнаружено, но снижается коррозионная стойкость в хлорсодержащей среде («Физика металлов и металловедение», 2015, 116, 12, 1330—1338)...

...генную модификацию с помощью CRISPR-Cas9 предполагается опробовать на комарах, чтобы остановить распространение малярии («Nature Biotechnology», 2016, 34, 149—150, doi:10.1038/nbt.3473)...

...полосы зебры не являются камуфляжем, так как хищники их плохо различают; они также не дают зебрам социальных преимуществ (PLoS ONE 11(1): e0145679. doi:10.1371/journal.pone.0145679)...

...женатые или замужние пациенты, нуждающиеся в стоматологической хирургической помощи, чаще жалуются на проблемы при еде и общении по сравнению с не состоящими в браке пациентами («Институт стоматологии», 2015, 4, 28)...

Художник Салиш Зижад



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Свой среди чужих

«Мои близнецы повергают меня в отчаяние. Когда я встречаюсь с ними — за обедом или завтраком — и пытаюсь им рассказать об интереснейших, увлекательнейших вещах, скажем, о выборном самоуправлении на русском Крайнем Севере в семнадцатом веке или, к примеру, что-то из истории первых медицинских школ в России (...) они попросту разбегаются по своим комнатам и включают там радио», — сетовал русский отец американизированных детей в романе Владимира Набокова. Понятно, родителям хочется, чтобы дети сохранили связь с родной культурой даже в другой стране. Но что лучше для самих детей? Выкинуть из головы поучения предков, ненужные в новых условиях? Держаться своих и не поддаваться окружающим соблазнам? Лавировать между тем и этим? Оказывается, третья («Newswise», 10 февраля 2016 года).

Для Соединенных Штатов проблема более чем актуальна: примерно 13% их населения, 40 млн человек, родились в других странах. В новом исследовании приняли участие 574 подростка мексиканского происхождения. Они ответили на вопросы, касающиеся их этнической принадлежности, языка, на котором говорят дома, самоуважения, готовности сочувствовать и помогать другим людям.

«Мы обнаружили, что подростки, которые смогли усвоить и культуру предков, и культуру окружения, умеющие прокладывать свой путь в обоих мирах, чаще обладают уверенностью, высокой самооценкой, готовностью заботиться о других, — отметил один из авторов исследования, профессор Густаво Карло (университет Миссури — Колумбия). — Однако не все подростки могут позволить себе роскошь свободного выбора между мирами. Например, кто-то хочет войти в компанию сверстников, но по тем или иным причинам не в состоянии сделать это. Тогда у него останется возможность сохранить связи со своей культурой, чтобы улучшить свое общее самочувствие». Более того, социальные действия, такие как помощь нуждающимся, в свою очередь, помогают поддерживать связь с родной культурой.

Профессор также заметил, что возможность «выбирать между мирами» молодому человеку могут обеспечить родители и педагоги. Банально, однако заострить на этом внимание не вредно.

Е. Сизикова



# От Лошмидта к Кельвину

После работ Лошмидта ученые разных стран продолжали работу по определению размеров молекул различными методами; как пишут в практикумах по аналитической химии — «до сходящихся результатов». Во второй трети XIX века, о которой идет речь, «сходящимися» считались данные одного порядка величины. При этом размерами молекул, а также их числом в единице объема интересовались главным образом физики — для химиков того времени было достаточно понятий «моль», «атомная и молярная масса». Общее положение и состояние вопроса о величине молекул в последние десятилетия XIX века образно охарактеризовал Джеймс Максвелл: «Хотя философы во все времена убеждали друг друга направить усилия к какой-нибудь более полезной и достижимой цели, всякое поколение с самого зарождения науки и до настоящего времени направляло должную часть своих самых способных и эрудированных представителей на поиски предела атомных размеров».

Эстафету, начатую в 1865 году Лошмидтом, принял английский физик Уильям Томсон (1824—1907). В марте 1870 года он опубликовал в журнале «Nature» статью «О размерах атомов», где описал четыре метода, с помощью которых можно определить размеры молекул; из этих размеров теоретически можно оценить постоянную Авогадро (или Лошмидта). Эта статья появилась в первый год выхода «Nature» и за 22 года до того, как Томсон стал лордом Кельвином. В том же году статью перепечатал «Американский научный журнал», который выходит до сих пор («American Journal of Science», [www.ajsonline.org](http://www.ajsonline.org)). К этому времени Томсон уже был известным ученым. В 1848 году он ввел понятие «абсолютная температура» (шкала Кельвина); в 1851 году независимо от Клаузиуса сформулировал второй закон термодинамики; совместно с Джеймсом Джоулем открыл эффект изменения температуры газа (обычно это охлаждение) при его пропускании через пористую перегородку — эффект Джоуля — Томсона, а также сделал ряд открытий в области электричества и магнетизма.

Описанные Томсоном методы определения молекулярных размеров основаны на молекулярно-кинетической теории, причем один из этих методов очень похож на изложенный Лошмидтом за пять лет до этого. (Томсон не был тогда знаком со статьей Лошмидта, опубликованной в малоизвестном австрийском журнале.) Второй метод основан на работе французского математика Огюстена Луи Коши (1789—1857), который дал математический анализ волновой теории света. Коши считал, что в прозрачных жидкостях и твердых телах расстояние между частицами сравнимо с длиной волны света. Эта величина для видимой области спектра была достаточно точно измерена в первые десятилетия XIX века в работах по интерференции света. Томсон справедливо посчитал, что гомогенность прозрачной среды заканчивается, когда мы приближаемся к межмолекулярным размерам. При этом для расстояния между центрами соприкасающихся молекул он дал на порядок заниженное значение — около 0,05 нм. Для сравнения: минимальное расстояние между ядрами атомов в кристаллах молекулярного хлора равно 0,327 нм; в кристаллах кварца среднее межатомное расстояние около 0,5 нм; в кристаллах хлорида натрия расстояние между ближайшими атомами натрия и хлора — 0,564 нм.

Третий метод Томсона основан на его собственных экспериментах, проведенных десятью годами ранее. Из закона Кулона следует, что разноименно заряженные металлические пластинки притягиваются. Они притягиваются также при простом касании (так называемая контактная электризация), если пластинки сделаны из разных металлов, например из цинка и меди, и соединены тонкой проволокой. Сейчас мы знаем причину, по которой на пластинках появляется потенциал, но Томсон еще ничего не знал об электронах (их открыл в 1897 году его однофамилец Дж. Дж. Томсон). Рассуждал он таким образом. Сила притяжения между пластинками при неизменном расстоянии между ними пропорциональна их площади. Расслоим обе пластинки так, чтобы они стали вдвое тоньше, и расположим их поочередно: медь — цинк — медь — цинк, оставляя между ними электрический контакт. Увеличение площади вдвое приведет к удвоению силы притяжения. Продолжим такое мысленное «расслоение» пластинок; сила притяжения в случае  $n$  таких операций увеличится в  $2^n$  раз. Однако сила притяжения не может расти бесконечно; рано или поздно энергия взаимодействия пластинок станет достаточной для расплавления металлов и образования их сплава — латуни, чего на самом деле не происходит, даже если смешать самые тонкие порошки металлов. Поэтому действие электрических сил

**А.Р. РОМАНОВУ**, Томск: Единицы размерности  $ppm$  и  $ppb$  — это соответственно миллионные и миллиардные доли (*parts per million, parts per billion*); обычно подразумевается мольная доля, если массовая — то пишут  $ppmw$  и  $ppbw$  ( $1ppmw = 1\text{ мг/кг}$ ).

**Л.В. ГРИНШТЕЙНУ**, Санкт-Петербург: Пермуравьиная, или надмуравьиная, кислота  $HC(O)OON$  используется как окислитель в химических реакциях и как антисептик в медицине, в последнем случае она и называется «первомур».

**С.А. СЕВОСТЬЯНОВОЙ**, Тверь: Чтобы в следующий раз варенье не засахарилось, в него можно добавить лимонную кислоту (чайную ложку на 1 кг сахара); в кислой среде произойдет инверсия — превращение сахарозы в глюкозу и фруктозу.

**В.А. КОСИЧЕНКО**, Москва: Никаких научно подтвержденных сведений об особо полезных свойствах «кораллового кальция», лучших, чем у любого другого карбоната кальция, насколько нам известно, нет; более того, некоторые западные компании, производящие пищевые добавки, уже были оштрафованы за введение клиентов в заблуждение.

**К. САЗОНОВУ**, электронная почта: Вы правы, в чистом растворе хлорида кальция реакция с углекислым газом («Химия и жизнь», 2015, 12, 27) выглядит сомнительно, а вот если добавить аммиак, как при производстве соды, тогда все сойдется — на выходе выпадает гидрокарбонат кальция и остается раствор хлорида аммония; подобную технологию с недорогой регенерацией аммиака разрабатывают, например, в Калифорнийском университете (Беркли).

**А. С.**, электронная почта: Современные представления об электронных орбиталях вовсе не умозрительны, есть доказательства, что они именно таковы, какими их рисуют в учебниках (см., например, книги академика А.Л. Бучаченко и его статьи в «Химии и жизни»).

**Д. Е.**, электронная почта: Тем, кто подписался в редакции, журналы высылаются обычной, а не заказной бандеролью, идентификационного номера у нее нет; если номер долго не приходит, пишите на редакционный адрес, мы обязательно решим проблему.

**ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ**: Доступа к закрытым статьям на сайте мы не предоставляем, но можно купить номер с этой статьей в электронном виде или дождаться электронного архива «Химии и жизни», который будет готов, как мы надеемся, в мае этого года.



В ПОГОНЕ ЗА ТОЧНОСТЬЮ

должно достигнуть предела, когда толщина пластинок снизится до определенной величины, которая определяется атомными размерами. Так Томсон получил нижнюю границу для размеров атомов меди и цинка: 0,025 нм. Это значение также занижено (радиусы атомов меди и цинка в металлах равны соответственно 0,13 и 0,14 нм), но согласуется с другими данными Томсона.

Четвертый метод Томсона идеологически похож на предыдущий: он рассчитал, до какого предела может изменяться поверхностная энергия водяной пленки при ее растяжении при постоянной температуре. Воду растянуть нельзя, но легко растянуть мыльную пленку. Томсон сравнивает энергию растяжения водяной пленки с энергией испарения воды: первая величина не может превосходить вторую (пар не образует пленок). Для испарения 1 мм<sup>3</sup> воды нужно затратить  $(540 + 80)/1000 = 620 \cdot 10^{-3}$  кал =  $263 \cdot 10^{-3}$  кГ·м (Томсон суммирует теплоты плавления льда: 80 кал/г и испарения воды: 540 кал/г; точно 620 кал соответствует 264,7 кГ·м (кГ — «килограмм-сила», единица силы из применявшейся тогда системы МКГСС, ныне — 9,8 Н). По данным Томсона, для растяжения 1 мм<sup>3</sup> воды в пленку толщиной 0,1 нм потребовалась бы энергия того же порядка:  $240 \cdot 10^{-3}$  кГ·м; энергия более сильного растяжения пленки уже превосходит энергию испарения воды. «Неизбежное заключение отсюда, — пишет Томсон, — что у водяной пленки значительно понижается стягивающая сила прежде, чем пленка дойдет до 2/10 000 000 мм толщины. Какую бы мы молекулярную теорию ни допускали, едва ли возможно, чтобы могло быть какое-нибудь значительное понижение стягивающей силы до тех пор, пока в толще пленки еще заключается много молекул. Поэтому вероятно, что в толще воды в 1/10 000 000 мм не находится много молекул». Вывод Томсона полуколичественно согласуется с предыдущим: диаметр молекул воды должен быть во всяком случае больше 0,05 нм (следует обратить внимание на особую осторожность всех предположений и утверждений Томсона).

В 1872 году австрийский физик и математик Йозеф Стефан переформулировал рассуждения Томсона, сведя их к одной-единственной молекуле: «Увеличение поверхности жидкости на величину, равную сечению одной молекулы, требует такой же затраты энергии, как и обращение в пар одной молекулы». Исходя из этого предположения, Стефан получил для диаметра молекулы воды 0,06 нм (современное значение 0,29 нм). Если рассчитать из этих оценок постоянную Авогадро, она окажется слишком большой. Однако согласованность результатов различных методов позволило Томсону сделать вывод о том, что порядок полученных им величин, вероятно, правильный.

Заканчивая статью «О размерах атомов», Томсон пишет: «Таким образом, мы можем в настоящее время быть вполне уверены в том, что диаметр молекулы и десятиmillionные доли миллиметра — величины, очень близкие между собой» ( $10^{-7}$  мм = 0,1 нм). Людвиг Больцман назвал рассуждения и выводы Томсона гениальными. А отечественный физик Борис Петрович Вейнберг (1871—1942), заканчивая лекцию «О величине молекул», прочитанную в октябре 1896 года для студентов Петербургского университета, сказал: «Не твердыми шагами, но уверенно идет наука к раскрытию тайн этого не доступного никакому микроскопу мира молекул и теперь уже может, как мы видели, с достаточной точностью измерить, взвесить и сосчитать эти молекулы, обнаруживая в этом случае, может быть, ярче, чем в других, свою поразительную мощь и могущество». (Эта лекция была в 1897 году опубликована в № 253 первого в России физико-математического научно-популярного журнала «Вестник опытной физики и элементарной математики», издававшегося в те годы в Одессе.) Для числа молекул в 1 см<sup>3</sup> газа Б.П.Вейнберг приводит вероятные значения от  $2 \cdot 10^{19}$  до  $6 \cdot 10^{19}$ , что соответствует постоянной Авогадро от  $4,5 \cdot 10^{23}$  до  $13,4 \cdot 10^{23}$ . Уточнение этого значения произошло уже в самом конце XIX — начале XX века и продолжается до сих пор.

**И.А.Леенсон**



# АНАЛИТИКА ЭКСПО

14-я Международная выставка  
ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
И ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТИВОВ

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



## ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД НА САЙТЕ

[www.analitikaexpo.com](http://www.analitikaexpo.com)



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

Генеральный инфо-партнер:

