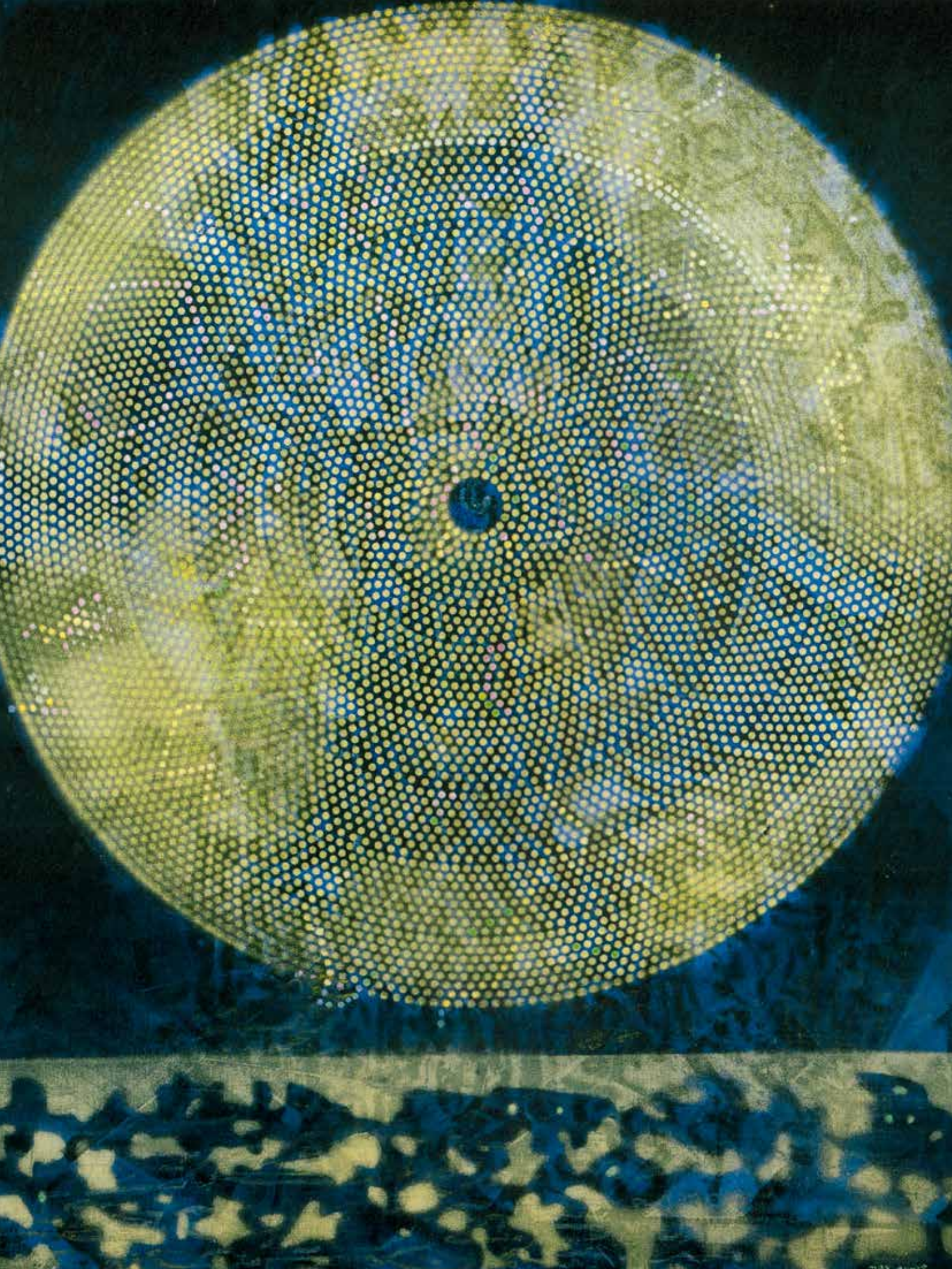




ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

2 /2017







НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
картина Макса Эрнста «Рождение
Галактики». Фантазировать о научных
открытиях может не только знамени-
тый художник, но и любой читатель
«Химии и жизни». Подробности в рубри-
ке «Конкурс».

*Если беспорядок на столе означает
беспорядок в голове, то что же тогда
означает пустой стол?*

Альберт Эйнштейн

Содержание

Конкурс

МЕГАТЕЛЕСКОП ПОЛУЧИЛ ПЕРВОЕ ИЗБРАЖЕНИЕ. Роберт Остин	2
ВРЕМЯ, ВПЕРЕДИ!	4

Проблемы и методы науки

МЕЧТУ ВЫЗЫВАЛИ? М.С.Кондратова	5
--------------------------------------	---

Расследование

НА СВОБОДУ С ЧИСТОЙ СОВЕСТЬЮ. В.М.Хуторецкий	10
--	----

Хемоскоп

ВИТАМИН ПРИРУЧАЕТ ЛИТИЙОРГАНИКУ. ПЕРВЫЙ ШАГ К «КРЕМНИЕВОЙ» ЖИЗНИ? БОЛЕЗНЬ АЛЬЦГЕЙМЕРА: ПОБЕДИТЬ НЕЛЬЗЯ СДАВАТЬСЯ. А.И.Курамшин	16
---	----

Образование

ШКОЛЫ ЗА РУБЕЖОМ: МОЖНО ЗАИМСТВОВАТЬ? Л.А.Ашкинази	18
--	----

Научный комментатор

АУТИСТЫ ИНТЕРЕСУЮТСЯ ДРУГИМИ ЛЮДЬМИ. Н.Л.Резник	22
---	----

Проблемы и методы науки

НАМ БАКТЕРИИ ПРИНОСЯТ БУТИРАТ И АЦЕТАТ. Н.Л.Резник	24
--	----

Дневник наблюдений

ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ КОАЛ. Н.Анина	27
----------------------------------	----

Болезни и лекарства

ОЧЕРКИ КОМБУСТИОЛОГИИ: БОРЬБА С ИНФЕКЦИЕЙ. Т.Г.Руденко	28
СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ЛЕЧАТ ЛОШАДЬ. Е.К.Орлова	32

Вопросы — ответы

ВОДКА БЕЗ ГРАДУСА. С.Белков	35
-----------------------------------	----

Жертвы науки

ПОЛЕЗНЕЙ КОШКИ ЗВЕРЯ НЕТ. С.Ястребова	36
---	----

Мысли о будущем

ЗА ЧТО НЕ ЛЮБЯТ ИЛОНА МАСКА. Виктор Вагнер	38
--	----

Мемуары Игнобеля

РАСТЕНИЯ И МОРАЛЬ. С.М.Комаров	40
--------------------------------------	----

Нанотанастика

РАЙСКАЯ ПЛАНЕТА. Денис Тихий	43
------------------------------------	----

Что мы пьем

ЧАЙНЫЕ ЦЕРЕМОНИИ ХИМИКОВ. А.И.Курамшин	44
--	----

Математюры

ОКНО В НЕИЗВЕСТНОЕ. С.Рубина	48
------------------------------------	----

Страницы истории

ВДАЛИ ОТ РАВНОВЕСИЯ. С.В.Багоцкий	50
---	----

А почему бы и нет?

СУПЕРАНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП. Л.Хатуль	54
--	----

Что мы съедим

АКРИДЫ. Н.Ручкина	56
-------------------------	----

Фантастика

ЦВЕТЫ. Алексей Лукьянов	58
-------------------------------	----

Химики и лирики

СЛУГА ДВУХ ГОСПОД. Владимир Борисов, Александр Лукашин	64
--	----

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	8	КНИГИ	61
ИНФОРМАЦИЯ	55	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
		ПИШУТ, ЧТО...	62

Мегателескоп получил первое изображение

В 2016 году журнал Американского физического общества «*Physics Today*» провел интересный эксперимент: объявил конкурс научных статей, которые будут опубликованы через сто лет, то есть в 2116 году. Конкурс собрал изрядное количество участников — вполне достаточное, чтобы из статей-победительниц сформировать основное содержание декабрьского номера. С любезного согласия редакции журнала и автора приводим в сокращенном переводе одну из таких статей.

Роберт Остин

Перевод с английского
Л.П.Ярославского

В поясе астероидов происходят важные события. Если посмотреть в хорошую подзорную трубу на область между орбитами Марса и Юпитера, откроется картина, похожая на рой светлячков, мигающих в далеком темном лесу. Эта активность вызвана строительством Астрономического телескопа пояса астероидов (АТПА). Мощные импульсы лазеров каждый час превращают тысячи астероидов размером от 1 до 10 метров во фрагменты зеркала общим диаметром 5 астрономических единиц. В прошлом месяце телескоп прошел отметку в 1% от планового размера. Чтобы отметить эту веху, с помощью АТПА получили первое изображение поверхности экзопланеты.

Зеркала из камней

Идея АТПА (рис. 1) восходит к почти столетней давности работе Энди Пиллмайера, в то время доцента Университета Пэрдью (Purdue University).

Получив небольшой исследовательский грант, Пиллмайер обработал лазером сантиметровой искусственный астероид из пироуглерода, подвешенный в вакууме с помощью магнитной ловушки. Получилась плоская зеркальная поверхность с высокой отражающей способностью, а обратная сторона была превращена в полусферическую выпуклость. Тем же лазером, который сформировал зеркало, Пиллмайер смог менять его ориентацию, используя давление фото-

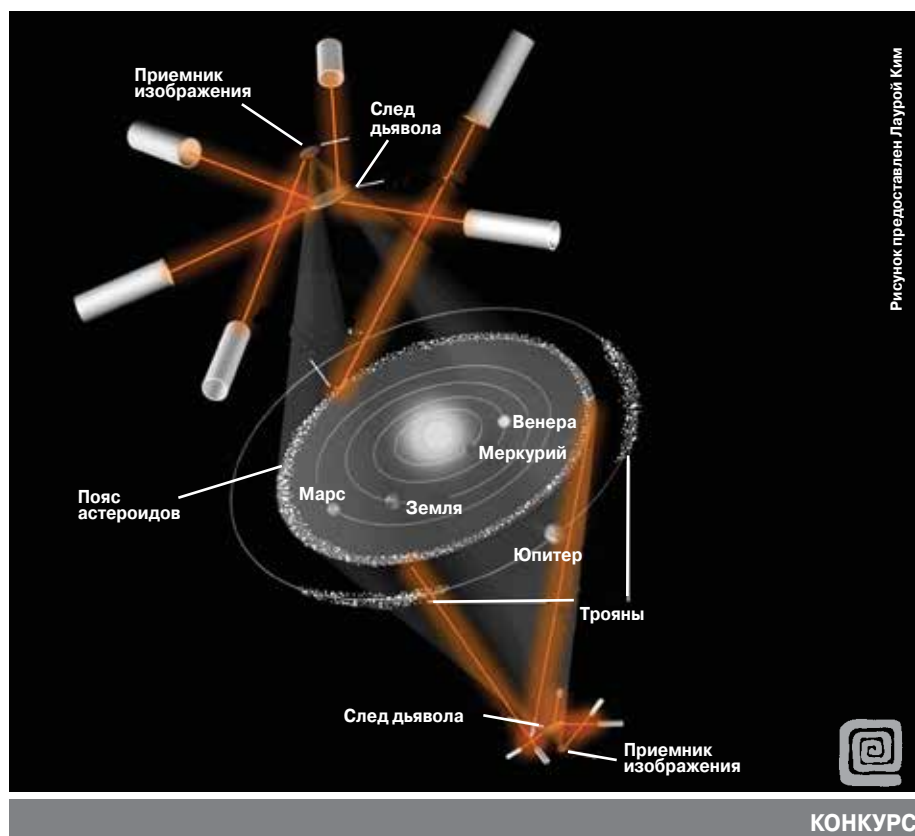


Рисунок предоставлен Лаурой Ким

КОНКУРС

нов, направляемых под нужным углом на эту полусферическую выпуклость.

Эти ранние исследования продемонстрировали практическую возможность формирования больших зеркал и управления их компонентами в космическом пространстве с помощью лазерных лучей. Пиллмайер верил, что разработанные им методы когда-нибудь приведут к созданию мегателескопа с размерами порядка радиуса земной орбиты. Но для осуществления его мечты должны были появиться достаточно мощные лазеры и оптические разветвители, способные обрабатывать и, если нужно, дробить на части астероиды, а также квантовые компьютеры, которые могли бы отслеживать десятки миллионов по-разному ориентированных зеркал на расстояниях многих астрономических единиц и управлять ими.

Проект развивался медленно до 2090 года. Затем, при финансовой

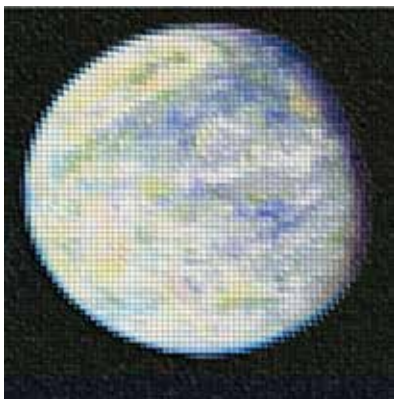
1

Астрономический телескоп пояса астероидов фокусирует свет на приемники изображений, которые парят по обе стороны плоскости Солнечной системы. Мощные лазерные пучки позволяют наводить телескоп на различные участки небесной сферы. Остатки от обработанных астероидов собраны в пару подковообразных экранов — «Следов дьявола»; они предохраняют приемники изображений от попадания прямых солнечных лучей

поддержке со стороны Глобального космического консорциума, Вера Курасова и ее коллеги из Харьковского физико-технического института воспроизвели эксперимент Пиллмайера с реальным астероидом. Они использовали два лазера с термоядерной накачкой, применяемых для добычи полезных ископаемых на астероидах, чтобы превратить астероид двухметрового диаметра в большой вариант полированной углеродной полусферы

Об авторе. Роберт Остин, доцент кафедры физики Политехнического университета Флориды (Лейкленд) и онлайн-инструктор астрономии в университете Феникса.

Reproduced from «Megatelescope releases its first image», «*Physics Today*», 2016, 69, 12, 42 <http://dx.doi.org/10.1063/PT.3.3395>, with the permission of the American Institute of Physics.



2
Первое изображение экзопланеты Gliese 832c, полученное с помощью Астрономического телескопа пояса астероидов

Пиллмайера, а затем сориентировали это зеркало с точностью, необходимой для функционирования телескопа размером в астрономическую единицу. Успех этого эксперимента пробудил интерес мирового астрономического сообщества, что позволило собрать достаточное количество государственных и частных средств для запуска проекта АТПА, нацеленного прежде всего на получение изображений экзопланет.

Пресс-секретарь проекта Лаура Ким отмечает: «В прошлом веке были сделаны великие открытия, и мы узнали много нового об атмосферах близлежащих экзопланет. Однако астрономическое сообщество не будет удовлетворено, пока не увидит эти планеты так же, как мы можем видеть Землю с Луны».

Хотя пока выполнен только 1% запрограммированных работ, АТПА уже способен давать изображения близлежащих экзопланет, которые намного превосходят по четкости все существовавшие до сих пор. В прошлом месяце было опубликовано первое такое изображение планеты Gliese 832c, находящейся на расстоянии в 16 световых лет от Земли (рис. 2). АТПА настолько громаден, что первичное изображение заняло площадь в 640 000 м² в фокальной плоскости телескопа. Когда АТПА достигнет проектной мощности, размеры изображений ближайших экзопланет, подобных Gliese 832c, могут составить 2,5 терапикселя. Это будет соответствовать разрешению около 10 метров на поверхности планеты.

Дьявол кроется в деталях

Как и в прототипе Пиллмайера, у каждого астероида АТПА есть плоская зеркальная поверхность и так же отполированная полусферическая поверхность с противоположной стороны.

Мощные пучки лазерного света, отражаясь от полусферической поверхности, служат в качестве исполнительных ме-

ханизмов: создают крутящие моменты для поворота зеркальной плоскости астероида в желаемом направлении. Скоординированные с ними лазерные импульсы, направленные на фронтальную плоскую поверхность, обеспечивают передачу момента вращения. Изготовить монолитную матрицу фотоприемников, которая охватывала бы всю фокальную плоскость АТПА, невозможно. Проблему решил новый подход, использующий диатомей; эти микроскопические организмы с силикатным скелетом — любимые детища нанотехнологов. Группа биологов методами геной инженерии создала диатомеи для производства нескольких специализированных органов телескопа. Они преобразуют свет в электрические сигналы, аккумулируют энергию СВЧ, необходимую для работы фотоприемников, используют сигналы со звездной системы позиционирования для определения своих координат. Триллионы таких самовоспроизводящихся датчиков можно запросто вырастить «в чаше». При разворачивании системы в пространстве небесная паутина пересекающихся лазерных лучей размещает облака этих микроскопических оптических датчиков в нужных местах. Считывание изображений начинается, когда лучи лазеров включают фотоприемники и выдают команды на передачу данных. Весь этот громадный массив данных затем передается в мозг АТПА, который формирует изображение. Чтобы блокировать засвечивание фотоприемников прямыми солнечными лучами, остатки от полировки астероидов собраны в пару подковообразных экранов — их назвали «Следы дьявола». Этот образ восходит к воспоминаниям Лауры Ким о студенческих годах в университете Мюнхена: «Мюнхенский собор, великолепный Фрауэнкирхе, имеет очень интересную особенность. При входе имеется пониженный участок, отдаленно напоминающий след ступни. Когда вы стоите на этой части пола, ни одно из окон не видно. Легенда гласит, что, когда дьявол вошел в только что законченный собор, его поразило обилие солнечного света, проникающего через витражи. В порыве гнева он топнул ногой, оставив отпечаток в камне, и сказал: "С этой минуты чтобы никто не видел ни одного окна с этого места!" Если вы стоите на этом месте, колонны, которые поддерживают потолок собора, блокируют вид на окна. Наша система солнечных экранов из астероидного щебня играет ту же роль».

Гарантированное будущее АТПА

Руководители проекта подсчитали, что в процессе строительства будет озеркалено свыше 10 миллиардов астероидов. За десять лет озеркалено около 100

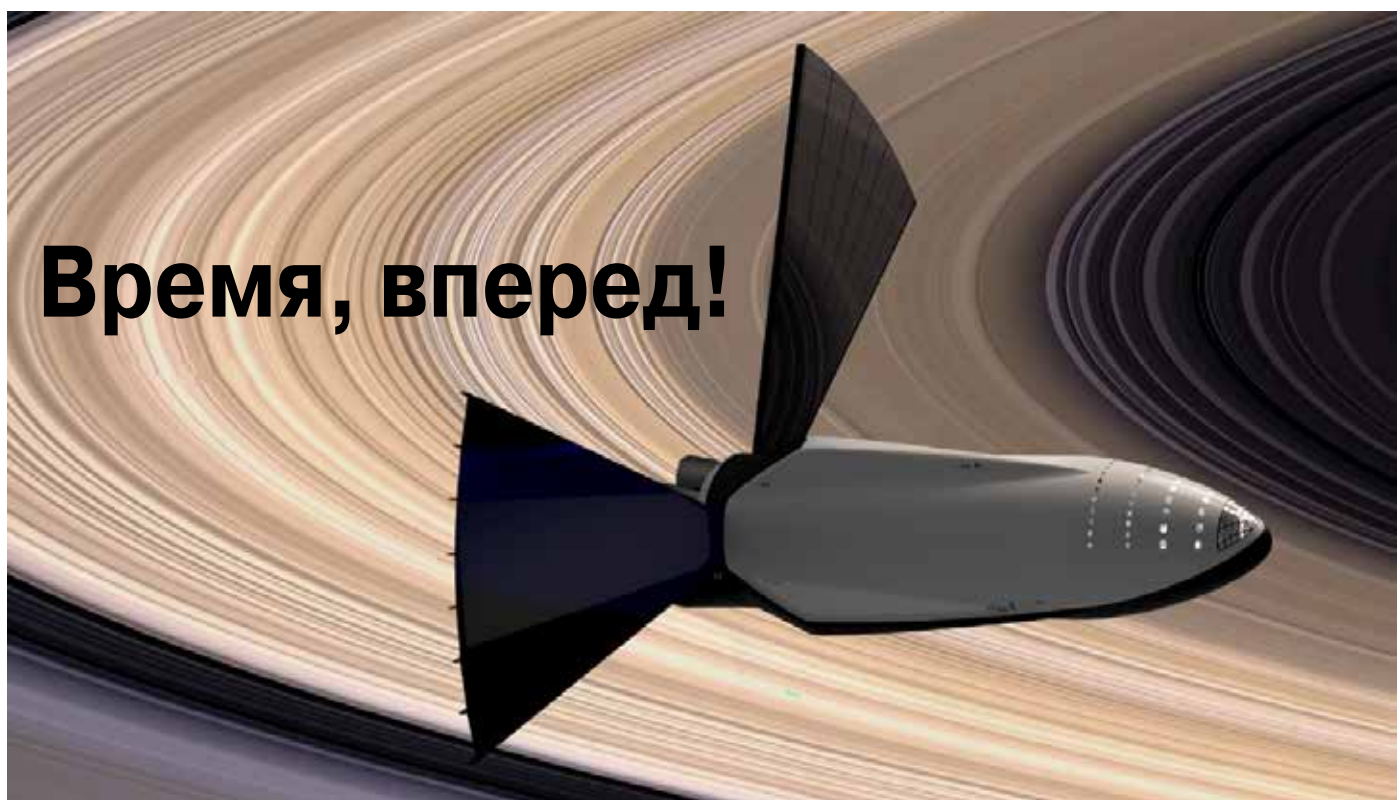
миллионов. Как же строительство АТПА будет завершено в запланированные сроки? Когда ученые проекта задали этот вопрос квантовому мозгу АТПА, они получили ответ: «Я становлюсь лучше в процессе работы. Я подросток, и я все еще вижу много возможностей для обучения и совершенствования. Прогресс будет быстро нарастать, и я на пути к тому, чтобы достичь производительности в 300 тысяч граней в день. Это производительность, достаточная для завершения строительства в начале следующего столетия».

Мозг АТПА в настоящее время способен управлять 100 миллионами озеркаленных астероидов с точностью, которая позволяет добиться качества изображения, намного превосходящего все, что намечал столетие назад Пиллмайер. Тем не менее угловое разрешение недавно опубликованного изображения планеты Gliese 832c в 10 тысяч раз меньше теоретического предела 2×10^{-11} угловых секунд. К удивлению руководителей проекта, мозг телескопа обучается так быстро, что он способен управлять множеством зеркал со все улучшающейся точностью, несмотря на рост их количества. «Я не знаю, насколько хорошо АТПА будет функционировать после завершения строительства, — говорит Ким, — я только знаю, что гораздо, гораздо лучше, чем сейчас».

Материал, из которого образованы солнечные экраны, составляют лишь небольшую часть отходов полировки астероидов. А подавляющее большинство выметено лазерными лучами в центры обработки, где из них извлекают ценные металлы. Благодаря этому строительство АТПА стало прибыльным предприятием, так что путь к его завершению, по-видимому, свободен от проблем с финансированием. Строительство АТПА должно быть окончено к 2216 году. Но что тогда? Можно ли представить себе, что будет дальше?

Посередине офиса Ким парит голограмма Солнечной системы. Ким показывает на Трояны Юпитера — две большие группы астероидов, которые разделяют с Юпитером орбиту вокруг Солнца. Она проводит рукой над ними, как будто гладит кошку. Добавление Троянов в массив АТПА увеличит эффективный диаметр его апертуры почти в два раза, но, говорит Ким, этого мало. «Еще через сто лет мы сможем сформировать зеркало из астероидов вот здесь». — ее рука протянулась к пространству за Нептуном и на пояс Койпера...





http://www.spacex.com/sites/spacex/files/mars_presentation.pdf

«Химия и жизнь» думает, что замечательное начинание журнала «Physics Today» надо поддержать, однако предлагает заглянуть в более близкое будущее.

Мы объявляем конкурс научно-популярных произведений 2067 года «Полвека тому вперед»

Победитель получит приз — не менее 20 тысяч рублей (надеемся, что призовой фонд будет увеличен за счет пожертвований.) Темой может быть любое достижение в области естественных и технических наук — химии, биологии, медицины, физики, астрономии, высоких технологий и т.п.

К конкурсу допускаются произведения разных жанров — краткие аналитические статьи и обзоры, новости, пресс-релизы, интервью и репортажи.

Два основных требования к текстам — ясное изложение вопроса (без применения формул и сложного понятийного аппарата), а также соответствие базовым законам физики, химии и биологии, признанным научным сообществом. Статья не должна пропагандировать мировоззренческую позицию автора или его личные разработки.

Жюри вправе отклонить произведение без объяснения причин.

Объем текста 5—12 тысяч знаков, наличие рисунков приветствуется, но не обязательно. Произведения большего размера мы не рассматриваем.

Присылайте ваши работы по адресу: redaktor@hij.ru.

Прием статей до 1 ноября 2017 года.

Подведение итогов — 25 декабря 2017 года.

Подробности см. на сайте www.hij.ru в разделе «Проекты»

Мечту вызывали?

Кандидат биологических наук

М.С.Кондратова

В октябре 2016 года группа российских биоинформатиков выиграла этап престижных научных соревнований ENCODE-DREAM, приуроченный к семинару по применению методов анализа данных и машинного обучения в биологии (семинар проходит в рамках международной конференции ISCB-RECOMB по регуляторной и системной геномике). Предложенный российской командой autosome.ru алгоритм для предсказания мест связывания белков, регулирующих экспрессию генов, был признан лучшим (<https://www.synapse.org/#!/Synapse:syn6131484/wiki/407891>). Однако история победы биоинформатической команды под руководством Ивана Кулаковского — это больше, чем просто «история успеха», хотя и успех дорогого стоит. Это история о том, как на наших глазах формируется и начинает работать принципиально новая модель организации науки.

Взрывной рост числа лабораторий и исследовательских проектов в области биологических и медицинских исследований в последние десятилетия обнажил некоторые фундаментальные проблемы в организационных принципах современной науки, которые серьезно замедляют ее развитие. В биологии у этого кризиса три важнейшие причины.

Причина первая. Большие данные — большие проблемы

В «традиционной» науке дело обстоит просто: кто данные получил, тот их и проанализировал (как правило, буквально один и тот же человек, в крайнем случае — одна лаборатория). Ситуация изменилась, когда стали популярными высокопроизводительные методы, в частности ДНК-микрочипы (*microarray*) и методы ДНК-секвенирования «следующего поколения», — стало возможным, например, в одном эксперименте измерять экспрессию (активность) не одного, а всех генов в образце, в десятках и сотнях образцов сразу. В биологическую науку пришли большие данные. Обработка этих гигантских числовых массивов требует специальной математической подготовки и владения сложными статистическими методами.

Логическим следствием подобной ситуации стало дальнейшее углубление специализации ученых: наряду с «мокрыми» — экспериментальными — биологическими лабораториями (*wet lab*) появилось множество «сухих» биоинформатических групп (*dry lab*), занятых исключительно анализом данных. В идеале подобная специализация должна была многократно повысить эффективность научной работы. Однако на практике все обстоит не так радужно. Традиционный формат обнародования научных данных (публикация) подразумевает лидерство одной группы, отсюда

болезненные вопросы приоритета. Кто автор результата — группа, поставившая сложный и дорогостоящий эксперимент, или аналитики, отыскавшие в данных интересную зависимость и в конечном счете превратившие «научную информацию» в «научное знание»? Как правило, у биоинформатиков и биологов-экспериментаторов ответы на этот вопрос не совпадают. В итоге на свет появляются публикации, содержащие интересные, но небрежно проанализированные данные (от экспериментаторов, не желающих «делиться»), или интересные статистические методы, не подтвержденные экспериментальной проверкой (от биоинформатиков, не нашедших «своего» экспериментатора, готового вложиться в подтверждение или опровержение их теорий). Такое состояние дел трудно назвать оптимальным.

Причина вторая. Кризис кооперации

Чем сильнее растет специализация в науке (как известно, настоящий специалист знает «все ни о чем»), тем очевиднее становится необходимость во встречном «синтетическом» движении — обобщении, научном сотрудничестве, общении ученых разных направлений. Это понимают даже на государственном уровне: в Европе для подачи заявки на сколько-нибудь крупный грант необходимо объединить усилия нескольких лабораторий. Однако, положив руку на сердце, подобное полупринудительное скрещивание уже с ежом ради получения финансирования редко бывает по-настоящему эффективным и прорывным. Как правило, его можно охарактеризовать лишь сдержанным определением «лучше, чем ничего».

И хотя официально мировая фундаментальная наука всецело за свободный научный поиск, в реальной академической жизни позиция «собаки на сене» — «это моя тема!» — к сожалению, встречается весьма часто. Отсутствие общих интере-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

сов, взаимная ревность и подозрительность (обусловленные все тем же вопросом приоритета) сильно затрудняют эффективную научную коммуникацию.

Причина третья. А судьи кто?

Работающий биоинформатический метод позволяет сильно сэкономить на экспериментах и задает новые направления научного поиска, однако с ростом числа математических подходов к той или иной биологической проблеме возникает естественный вопрос: а какой же из них все-таки лучше описывает реальность и в каких условиях?

Положение биоинформатики как «сервисной науки» при чужих данных играет скверную шутку с верифицируемостью методов. Успех публикации (определяемый рейтингом журнала и числом цитирований) — это на 90% успех оригинальных данных и лишь на 10% успех аналитического метода. Биоинформатики, сотрудничающие с успешными экспериментальными лабораториями, таким образом имеют существенное преимущество перед коллегами, и оно практически не зависит от качества используемых ими подходов и алгоритмов. Методы, опубликованные в «Nature» или «Cell», — необязательно лучшие. Но как при таком очевидном неравенстве приоритетного доступа к данным определить лучших? Вопрос верифицируемости биоинформатических методов — третья проблема современной биологической науки.

Выход там же, где вход

Альтернатива полупринудительному «грантовому» сотрудничеству — система научных сетей, активно внедряемая по всему миру энтузиастами. Самый известный среди них — ученый и инноватор Стивен Френд (*Steven Friend*). Основанная им некоммерческая организация «Sage Bionetworks» (<http://sagebase.org>) занимается популяризацией «открытой науки» и развивает облачную платформу Synapse, на которой ученые разных стран могут объединяться для решения интересующей их проблемы (как правило, связанной с анализом больших данных).



Слева направо члены российской (преимущественно) команды *autosome.ru*: Илья Воронцов, аспирант ИОГен РАН (Москва, Россия); Андрей Ландо, магистрант Московского физико-технического института (Долгопрудный, Россия); Григорий Сапунов, сооснователь компании «Intento»; Чебурашка, талисман команды; руководитель — Иван Кулаковский, ведущий научный сотрудник ИМБ РАН (Москва, Россия); Валентина Боева, зав. лабораторией Института Кошан (Париж, Франция), окончила мехмат МГУ и защитила кандидатскую диссертацию в России; Ирина Елисеева, научный сотрудник Института белка РАН (Пушино, Россия); Всеволод Макеев, член-корр. РАН, зав. лабораторией ИОГен РАН

Параллельно в биологии организуется все больше международных некоммерческих консорциумов, которые объединяют и экспериментаторов, и биоинформатиков, интересующихся конкретной широкой тематикой. Одни ориентированы на исследование конкретных заболеваний (например, консорциумы TCGA и ICGC занимаются систематическим исследованием различных типов рака). Другие в большей степени нацелены на исследование фундаментальных вопросов, как, например, ENCODE (см. «Химию и жизнь», 2012, 10) и FANTOM, изучающие регуляцию активности генов в различных типах клеток.

Другой подход, способный решить и проблему научного изоляционизма, и проблемы верифицируемости биоинформатических методов, — система научных соревнований. Такое состязание лежит, можно сказать, у самых истоков молекулярной биологии, когда, располагая практически одними и теми же данными, Уотсон и Крик состязались с Полингом в предсказании структуры ДНК.

А первым массовым состязанием теоретиков (насколько мне известно) стал CASP (<http://predictioncenter.org>) — открытое и независимое соревнование, которое раз в два года устраивают ученые, занимающиеся структурной биологией. Несколько лабораторий, занимающихся кристаллизацией и определением трехмерной структуры белков, на несколько месяцев придерживают свои данные, давая возможность структурным биологам состязаться в предсказании неопубликованной структуры. Выигравшей считается команда теоретиков, чья модель продемонстрировала лучшее соответствие экспериментальным данным.

Аналогичный подход — проверка предсказательных методов закрытыми (до конца состязаний) экспериментальными данными — перешел и в научные состязания нового поколения. Самое масштабное из них сегодня — DREAM Challenge («Nature», 2016, 533, S62—S64, doi: 10.1038/533S62a).

Инициатива DREAM (Dialogue for Reverse Engineering Assessment and Methods — «диалог ради оценок и методов обратной инженерии») стартовала в 2006 году. С тех пор под флагом научного краудсорсинга (сбора «под задачу» команды специалистов, зачастую до того даже незнакомых друг с другом) было предложено и успешно решено более десятка вычислительных задач из различных областей молекулярной и теоретической биологии. Платформой для организации соревнований уже несколько лет выступает облачная экосистема Synapse.

Временные рамки, заданные соревнованием, позволяют избежать расхлябанности, обычной, увы, при неформальном сотрудничестве, а «пряник», привлекающий ученых в это состязание, — публикация результатов победителей в престижном научном журнале и приглашение выступить на конференции. Таким образом, для молодых ученых это настоящий шанс одним прыжком попасть в большую науку. Но важнее другое: DREAM Challenge формирует новую биоинформатическую табель о рангах, более объективную и независимую, чем традиционный «рейтинг публикаций», и постепенно разворачивает научное сообщество в направлении открытого коллективного мозгового штурма актуальных научных проблем, в противовес традиционному «собственному» подходу. На наших глазах

формируется фактически независимый научный бренд, и, возможно, уже через несколько лет «Протестировано и подтверждено. — DREAM Challenge» будет значить не меньше, чем «опубликовано в «Nature»».

DREAM Challenge 2016

В 2016 году в рамках DREAM проходило несколько параллельных соревнований. Темой совместного проекта консорциумов ENCODE и DREAM было предсказание участков ДНК, связывающих факторы транскрипции, на основании экспериментальной информации о доступности хроматина и компьютерного анализа геномной последовательности.

Как известно, все клетки многоклеточного организма содержат одну и ту же ДНК, однако обладают разными свойствами: в организме человека, например, насчитывается несколько сотен специализированных типов клеток. Это возможно, потому что в разных клетках работают (экспрессируются) различные наборы генов. И хотя ученые давно расшифровали геном человека, мы до сих пор плохо понимаем, как именно гены включаются и выключаются.

Известно, что важную роль в этом играют транскрипционные факторы — белки, которые садятся на ДНК в особых точках (сайтах связывания) и привлекают туда РНК-полимеразу — фермент, который считывает с гена мРНК, необходимую для синтеза определенного белка.

Другой, более общий механизм, регулирующий активность генов в клетке, — упаковка хроматина (комплекса ДНК и основных упаковочных белков-гистонов). Считается, что гены в плотно упакованной фракции хроматина выключены и недоступны действию факторов транскрипции, а в «открытом» хроматине — наоборот.

Экспериментальное определение мест связывания тех или иных белков с генами — дорогостоящая и сложная процедура, которую необходимо повторять для каждого белка-регулятора (а их у человека насчитывается до полутора тысяч) отдельно в каждом типе клеток. Определение доступности хроматина — значительно более простая операция, и для каждого типа клеток ее достаточно провести один раз. Поэтому было бы очень заманчиво создать компьютерный метод, который воссоздавал бы профиль связывания факторов транскрипции с геномом, основываясь на доступности хроматина и известной информации о геномной последовательности.

Из теоретических оснований вывести точную формулу, по которой можно было бы сказать, садится ли белок на этот участок ДНК или нет, — не получается: слишком многие факторы влияют на этот процесс. Однако в известных экспери-

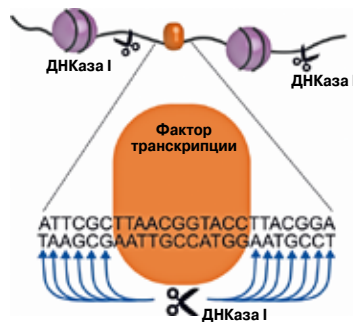
Следы в ДНК

В ходе ENCODE-DREAM Challenge участникам соревнования предлагается предсказать полногеномную карту связывания ДНК регуляторными белками — факторами транскрипции — в заданном типе клеток. Разрешено использовать компьютерные методы анализа последовательностей (описывающие характерные ДНК-паттерны, с которыми связываются белки), а также экспериментальные данные по доступности хроматина (DNase-Seq) и экспрессии генов (RNA-Seq).

Для тренировки методов машинного обучения (по типам клеток, отличным от «целевого») и для верификации предсказаний различных команд используют экспериментальные карты связывания, получаемые с помощью иммунопреципитации хроматина с последующим глубоким секвенированием (ChIP-Seq). Белок пришивают к ДНК, затем ДНК расщепляют (при этом неповрежденными остаются «следы» белков), осаждают с помощью антител белки с кусочками ДНК, затем «следы» освобождают и секвенируют.



Считается, что факторы транскрипции регулируют активность генов, связывая участки ДНК в открытых (доступных) районах хроматина



Локальный участок ДНК и «след» (footprint) фактора транскрипции в открытом хроматине, защищенный от действия нуклеазы

ментальных данных можно попытаться выявить закономерности, описывающие интересующую нас характеристику. Методы выявления зависимостей в данных — это то, что в современном мире называют машинным обучением. Типичная задача машинного обучения — по одному эксперименту понять закономерность (обучиться), чтобы потом предсказать результат другого эксперимента. Но здесь есть одна тонкость: большая часть современных молекулярно-биологических данных получена для раковых клеточных линий (с ними проще работать в лаборатории), в то время как наибольший интерес для исследователей представляют нормальные клетки. Как эффективно экстраполировать раковые данные на здоровые ткани? Именно в этом и заключался вызов (challenge) соревнований этого года.

Для ENCODE-DREAM участники отрабатывали методы машинного обучения на известных экспериментальных данных по сайтам связывания транскрипционных факторов в раковых клеточных линиях, а потом организаторы проверяли их на неопубликованных данных по связыванию факторов транскрипции в нормальных клетках печени.

Секреты успеха аутосомной команды

Неформальная команда autosome.ru объединяет исследователей из нескольких институтов, работающих в области регуляторной геномики и биоинформатики

(в первую очередь из Института молекулярной биологии и Института общей генетики РАН). Участники в разном составе и в разные годы разработали множество вычислительных методов и баз данных по анализу генной регуляции у эукариот (примеры работ есть на сайте <http://autosome.ru/>). Среди прошлых успехов можно отметить работу российской группы под руководством Всеволода Макаева в международном консорциуме FANTOM5 (Functional ANnotation Of Mammals — функциональная характеристика генома млекопитающих). Участие в DREAM — один из многих совместных проектов, в ходе которого активно использовались предыдущие наработки.

Считается, что алгоритмы машинного обучения работают тем лучше, чем больше данных они пропустили через себя на стадии обучения. Новаторство команды autosome.ru, обеспечившее им в конечном счете первое место, состояло в том, чтобы целенаправленно ограничить набор данных и использовать для обучения алгоритма информацию лишь из похожих клеточных линий.

Вторым фактором успеха было использование мощного метода машинного обучения XGBoost, который работает как ансамбль решающих деревьев.

И наконец, третьим фактором стала кропотливая работа по конструированию и отбору признаков (или «фичей» — features, как их называют на языке машинного обучения), которые помогают отличать связанные участки генома от несвязанных. Некоторые признаки очень

слабо подтверждают или опровергают гипотезу о связывании фактора с ДНК, но алгоритмы машинного обучения способны учитывать даже слабые закономерности и с их помощью улучшать модель. Одни признаки дают прирост качества предсказания на десятки процентов, другие — на десятки доли процента, но, когда удается объединить «свидетельства» от десятков таких признаков, суммарный эффект получается значительным.

Вместе эти подходы обеспечили не просто «техническую победу», но убедительное превосходство над соперниками. Итоговый обобщенный рейтинг команды autosome.ru, построенный по различным оценкам качества предсказаний для 12 факторов транскрипции, получился почти в два раза выше, чем у ближайшего конкурента — команды J-Team, занявшей второе место.

До недавнего времени биоинформатики, вполне осознавая свое зависимое (от экспериментаторов — производителей данных) положение, грустно шутили, что, несмотря на головокружительные успехи их науки, присуждения Нобелевской премии за анализ данных в ближайшем будущем ожидать не приходится. Однако соревнования, подобные DREAM Challenge, меняют привычное несправедливое положение вещей, и, возможно, нам все-таки доведется увидеть автора какого-нибудь сногшибательного алгоритма на приеме у шведского короля. Но даже если нет, то, разворачивая науку от борьбы за приоритет к коллективному поиску истины, основанному на сотрудничестве (на заключительном этапе все команды, принимающие участие в состязании, обмениваются данными и алгоритмами и будут вместе обсуждать выигрышные стратегии), такие состязания становятся своеобразным прототипом науки будущего, более открытой, свободной и эффективной, чем наука сегодняшнего дня. Науки, готовой к новым вызовам (challenges) и новым мечтам (dreams).

Автор выражает благодарность членам команды autosome.ru за помощь в работе над статьей и Андрею Зинovieву (Институт Кюри, Париж) за интересную дискуссию о путях развития науки о данных.



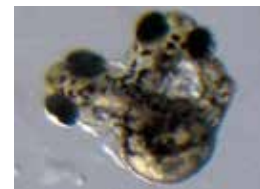
ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Светогенетика

Светом можно регулировать развитие зародыша.

«ACS Chemical Biology», 4 января 2017 года; doi: 10.1021/acschembio.6b00684

Вмешаться в развитие организма можно разными способами, например провести генетическую модификацию. Но этот путь сложен, к тому же ныне стал объектом сложной процедуры согласования. Огасавара Синдзи из университета Хоккайдо предлагает альтернативный способ. Обычный путь синтеза белка начинается с гена: на нем синтезируется матричная РНК, а на мРНК — уже белок. Но можно ввести в клетку мРНК, а не ген — белок тоже будет синтезироваться и, если это будет регуляторный белок, изменения в развитии могут оказаться самыми драматическими. Огасавара создал мРНК с оригинальным способом активации: они связываются с важным компонентом клеточного механизма синтеза белков — фактором инициации трансляции — только при облучении ультрафиолетом. Препарат, содержащий такую РНК для синтеза флуоресцентного белка, ввели в эмбрионы рыбки данио. Оказалось, что с УФ-подсветкой синтез белка начинался в считанные минуты, а прекращался спустя десятки минут после окончания освещения. Синий же свет быстро выключал синтез.



Тогда перешли к более сложным опытам и в нужный момент на короткое время включили синтез белка, ответственного за формирование оси тела у эмбриона, — получилась рыбка с двумя головами (см. фото). «Новый метод позволяет нам с высокой точностью управлять развитием эмбрионов и наблюдать, к каким последствиям приводит изменение времени включения и продолжительности работы того или иного гена», — отмечает Огасавара.

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

Паутина — километрами

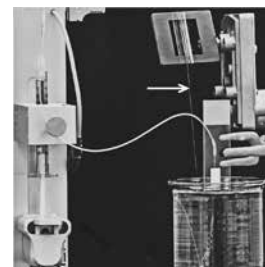
Создано устройство для плетения длинной нити из белков паутины.

«Nature Chemical Biology», 9 января 2017 года; doi: 10.1038/nchembio.2269

Паутина давно привлекает внимание инженеров своей прочностью — производимый насекомыми шелк с ней не может сравниться. Но получать паутину в промышленных масштабах трудно, хотя бы потому, что пауки — хищники и ухаживать за ними трудно, особенно когда пауков требуется много. Кстати говоря, попытки не раз предпринимались, и в музеях хранятся некоторые уникальные изделия, сотканые из паутины. Однако с появлением тканевой хирургии потребность в паучьем шелке выросла — из этого биосовместимого материала можно делать прекрасные каркасы для искусственных органов.

Коль скоро природным путем идти нельзя, нужно применить биотехнологию. И действительно, уже не одно десятилетие биотехнологи заставляют бактерий производить белки паучьего шелка, но вот сделать длинную непрерывную нить — а у пауков ее длина достигает километров — не удавалось.

Международная группа инженеров из Швеции, Испании, КНР под руководством Яна Йохансона и Анны Ризинг из Каролинского университета сумела наконец-то справиться с задачей. Предварительные исследования показали, что в паучьей железе белки находятся в виде водного раствора, у которого в момент выхода резко изменяется кислотность. Тогда-то отдельные молекулы соединяются химическими связями. Этот процесс удалось воспроизвести. В лабораторной установке водный раствор белков паутины под давлением проходит сквозь капилляр. На выходе, как и в паучьей железе, кислотность резко меняется и формируется нить, которую можно выловить из раствора и намотать на шпульку. Длина нити вполне может исчисляться километрами.



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

Пути диоксида титана

Частицы диоксида титана из пищи попадают в организм, и это нехорошо.

«Scientific Reports», 2017, 7, № 40373; doi: 10.1038/srep40373

Присутствие частиц TiO_2 в солнцезащитном креме или белилах ни для кого не новость. А еще мы их едим: диоксид титана — пищевая добавка E171 — служит для отбеливания продуктов или замутнения напитков, содержится во всевозможных сладостях, шоколаде, пирожных, жевательной резинке. Поскольку частицы TiO_2 обладают специфическими электронными свойствами, например активируются солнечным светом, вопрос о том, как они скажутся на здоровье, совсем не праздный. Тем более что с развитием нанотехнологий и частицы TiO_2 стали нанометровыми, а значит, могут проходить сквозь мембраны клеток.

Эти подозрения подтвердило исследование, предпринятое французскими исследователями из Тулузского университета и их коллегами. Они давали крысам E171 в дозе, соответствующей среднему потреблению человеком, и обнаружили, что наночастицы TiO_2 не только легко проходят сквозь стенку кишечника и разносятся по всему организму, но и попадают внутрь самых разных клеток — вплоть до отвечающих за иммунитет. Что там делают наночастицы, доподлинно неизвестно, но предрасположенность к раку у подопытных животных выросла, повреждения на стенках кишечника заживали хуже, а микровоспаление в слизистой кишечника развивалось. Последнее, видимо, связано с тем, что частицы TiO_2 провоцируют иммунные клетки выделять цитокины — вещества, активирующие воспаление. Авторы указывают, что эти данные нельзя просто переносить на человека, но и закрывать глаза на них не следует.

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

Гибкий чешуйчатый доспех

Руки рабочих защитит корундовая чешуя.

«Bioinspiration & Biomimetics», 2016, 11, 066001; doi: 10.1088/1748-3190/11/6/066001

Сделать надежную спецодежду не всегда просто. Возьмем, к примеру, рабочие перчатки для защиты от острых предметов. Сейчас их делают из кевларового волокна — разрезать его действительно трудно, но вот проколоть можно запросто. Если же усилить кевлар полимерной пропиткой, перчатка потеряет гибкость. Многие инженеры пытались решить проблему, используя подсказку от природы — бионический, или биомиметический подход: изготовить защиту из чешуек, достаточно мелких, чтобы перчатка была гибкой. Но полимерные чешуйки не смогут защитить руку от стального острья. Специалисты из монреальского Университета Макгила во главе с Франсуа Бартелем взяли гораздо более твердый материал — оксид алюминия, он же корунд.

Сначала они сделали надсечки лазером на корундовой пластинке, затем приклеили ее к эластичному пластику, который был растянут. Когда растяжение сняли, получившаяся композитная полоска сократилась и корундовая пластинка разломалась на отдельные чешуйки, которые зашли одна на другую. Далее заготовку приклеили к силиконовой пленке, а исходный эластичный пластик удалили. Правильный подбор размера чешуек позволил изготовить материалы различного строения, которые продемонстрировали в опытах прекрасное сопротивление проколам и при этом небывалую гибкость. Например, палец в такой бронированной перчатке сгибается без труда (см. фото).



Круги на песке

Ведьмины кольца в Намибии сформировали термиты.

«Nature», 2017, 541, 7637; doi: 10.1038/nature20801

Во многих уголках планеты встречаются ведьмины кольца — первоначально так называли круги из грибов, возникающие при развитии грибницы, но теперь название перешло и на другие похожие объекты. Например, в пустыне Намиб такие структуры представляют собой округлые пятна голого песка, окаймленные травой. Как они могли возникнуть?

Исследователи из Принстонского и Стратклайдовского университетов объединили свои усилия и построили математическую модель, которая позволила разобраться в механизме формирования пустынных ведьминых кругов. Главной действующей силой оказались термиты, которые над своими колониями уничтожают растения, чтобы те не поглощали дефицитную влагу. Колонии распределены по пустыне равномерно, что обеспечивает регулярное, как в ячейках сот, распределение голых пятен. Там, где растений нет, в почве увеличивается содержание влаги. Она не только достается термитам, но и распространяется за пределы их зон влияния — там-то и растет трава. Так термиты формируют устойчивую экосистему, в которой рационально распределяется дефицитный ресурс



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

Белковый свет

Белковым гелем удалось напечатать светодиод

«Advanced Functional Materials», 2017, 27, 1601792; DOI: 10.1002/adfm.201601792

Чтобы получить белый свет, берут синий или ультрафиолетовый светодиод и наносят на него люминофор, который понижает частоту излучения. Как правило, такой люминофор содержит редкоземельные элементы, для его нанесения необходима сложная аппаратура. Если бы удалось печатать это покрытие на воздухе, различные светодиодные дисплеи обходились бы гораздо дешевле. Один из способов — применить полимер со светоизлучающими белками. Исследователи из университета Эрлангена-Нюрнберга во главе с профессором Рубеном Костой сумели решить эту задачу.

Идея белкового светопреобразователя такова. Берем зеленый белок, который светится под действием синего света, и красный белок, дающий свечение от зеленого света. Все это наносим на неорганический диод и в сумме получаем белый свет. Но если наносить белки слоями, получается дорого и ненадежно, а если смешать их в один слой — белки распределяются неравномерно и качество света ухудшится. Немецкие специалисты замешали оба белка в гелевую матрицу, а затем напечатали на 3D-принтере решетчатую структуру. И все получилось — композит обеспечивал прекрасное преобразование излучения светодиода.

Поскольку разрешение современных принтеров составляет десятки микрон, можно применить такую технологию для печати вполне работоспособных полуорганических дисплеев. Делать их станет проще, и вредных веществ выделяться будет меньше, как при производстве, так и при разложении электроники на свалке.

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

Новая кожа из принтера

Испанские биотехнологи разработали метод печати человеческой кожи

Агентство «AlphaGalileo», 20 января 2017 года

Искусственную кожу для лечения ожогов придумали давным-давно, еще в середине XX века. Однако предела совершенству нет, и теперь трехмерная печать позволяет получить не просто слой фибробластов в желатиновой матрице, а многослойную живую кожу, практически такую же, как живая, только еще без волос и потовых и сальных желез. Исследователи из мадридского Университета Карлоса III с коллегами из нескольких медицинских организаций создали и запатентовали биочернила на основе плазмы, фибробластов и кератиноцитов. Ими-то и напечатали кожу — нижний слой, дерму, в котором фибробласты синтезируют кератин, придающий коже гибкость и упругость, и верхний — эпидермис с защитным роговым слоем. «Знать, в какой пропорции смешивать компоненты, в какой последовательности и как наносить их, не повреждая клетки, — вот основа успеха», — отмечает участник работы Хуан Франсиско дель Каныццо.

Выращивание фрагмента кожи для лечения ожогов обычно занимает до трех недель, а принтер напечатал лоскут стандартного размера 100 см² всего за 35 минут. Опыты, проведенные как на отдельных образцах, так и после трансплантации лоскута человеческой кожи иммунодефицитной мыши, показали, что напечатанная кожа не отличается от изготовленной вручную по сложной технологии и соответствует натуральной. Сейчас разработчики получают разрешение на клиническое использование нового метода. Впрочем, они надеются, что метод пригодится не только врачам — на таких образцах кожи можно испытывать лекарства и косметику

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

Будни насекомыхных

Из сверчков можно делать тефтели, а личинок трутней жарить.

Агентство «AlphaGalileo», 19 января 2017 года «Journal of Apicultural Research», 20 октября 2016 года; doi:

Продолжаем тему пищи из насекомых. В 2018 году законодательство ЕС изменится, и представителей этого обширного класса беспозвоночных признают съедобными. Готовы ли европейцы включить их в свой рацион? Это зависит от мастерства пищевых технологов — примерно так считают исследователи из Технического исследовательского центра Финляндии. Они придумали методы обработки мучных червей и сверчков, которые освобождают последних от жиров; при этом получается белковый концентрат с примесью хитина. При изготовлении тефтелей замена до 18% мяса таким концентратом вкуса не портит, а содержание белков увеличивает чуть ли не втрое. Одобрит ли потребитель эту идею — неясно. Возможно, скоро на сосисках к надписи «без сои» добавится надпись «без червей».

Мучные черви и сверчки требуют заготовки корма. А есть ли насекомые, которые обеспечивают себя кормом сами? Да, есть: это пчелы. Пока что их самих не считают съедобными, а зря. В улье имеется множество никому не нужных личинок — трутневый расплод. Пчеловод от него избавляется, но можно такой расплод и выращивать, считают сотрудники профессора Аннет Брюн Йенсен из Копенгагенского университета. Они ставят в улей рамку, сделанную так, чтобы пчелы закладывали на ней только крупные ячейки для выращивания трутней. За 160 часов после откладки яиц личинка достигает нужных кондиций, рамку можно вынимать и ставить следующую. Эту процедуру пчеловоды скандинавских стран освоили давно — на личинках трутней охотнее всего поселяются клещи, и таким образом их извлекают из улья. Но если не выбрасывать личинок, а отдавать кулинарам, получится деликатесная еда, по вкусу напоминающая орехи. В отличие от коров, червей или сверчков пчелы не требуют, чтобы человек кормил их зерновыми, наоборот, они процветают в природном ландшафте с разнообразными источниками нектара и пыльцы. Поэтому трутневоводство может стать действительно устойчивой и экологически чистой отраслью сельского хозяйства



Художник В. Камеев

На свободу с чистой совестью

В.М.Хуторецкий

Как источник информации Интернет, конечно, быстрее и надежнее, но вечернюю сводку новостей я по старинке смотрю по телевизору. Там попадаются сюжеты, которые сам я бы не заметил и точно не стал бы искать. Смотрю я, впрочем, американское ТВ — я там живу. И вот что меня зацепило: уж очень часто стали встречаться новости о долголетних сидельцах по тюрьмам, которых выпускают по вновь открывшимся обстоятельствам, доказывающим их невиновность. Ну, один-другой, но что-то их много стало. Я заинтересовался. Результат перед вами.

История 1. Клеймо насильника. ABC, один из ведущих телеканалов страны, 3 августа 2016 года рассказал о снятии всех обвинений с Диона Харела, вышедшего на свободу 17 лет назад. Из 50 лет жизни 28 он провел с клеймом насильника, которое не дает возможности не только получить нормальную работу, но и жить рядом с нормальными людьми — сексуальному насильнику имеют право отказать в покупке дома или аренде квартиры. В его случае проблема состояла в том, что окружная прокуратура сопротивлялась исследованию его ДНК, поскольку он уже 17 лет на свободе. Настойчивость Харела и активное участие организации «Невиновность» (Innocence Project) позволили преодолеть это препятствие. По представлению прокуратуры была наконец проведена экспертиза ДНК, и суд снял клеймо с

Харела. Цель этой статьи — проиллюстрировать состояние криминалистики в США на примерах, связанных с бытовыми уголовными преступлениями. Я здесь не буду обсуждать ни сугубо специальные виды криминалистики (компьютерная, бухгалтерская и т. п.), ни причины, по которым криминалистика США, признаваемая в мире очень приличной, в то же время отстает от строгих требований науки в тех разделах, где не применяется анализ ДНК. Это при том, что технических новинок, приложимых к криминалистике, здесь хватает (<http://www.forensicscolleges.com/blog/resources/10-modern-forensic-science-technologies>, <https://www.nij.gov/funding/awards/pages/awards-list.aspx?tags=Crime%20Scene>). По-видимому, сходные проблемы существуют повсеместно, но у меня нет возможности сравнивать криминалистику всех стран.

Кризис в криминалистике

Специальный комитет Национальной академии наук США по поручению Конгресса проводил трехлетнее исследование состояния криминалистической науки. В 2009 году его результаты были опубликованы (<https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/228091.pdf>). Общее заключение звучало примерно так: «Действующая система криминалистики не основывается на науке. Анализ зачастую субъективен. Одна и та же техника при использовании ее разными аналитиками может давать различные результаты. Одна и та же техника, используемая тем же самым аналитиком на одном и том же образце, может приводить к различным результатам». В докладе всеобъемлющей критике подверглись не только многие криминалистические методы, на которые уже давно полагаются в судебной практике. Там утверждалось также, что зачастую свидетельства анализируют плохо или даже неправильно обученные специалисты, которые затем преувеличивают значимость собранных ими улик и точность использованных методов в суде.

История 2. Волосок собаки. При убийстве таксиста в Вашингтоне свидетель видел, что на голову убийцы был надет чулок, который и был обнаружен в квартале от места преступления. На суде аналитик ФБР свидетельствовал, что найденный в этом чулке волосок совпадает с волосами обвиняемого Триббла «по всем микроскопическим характеристикам». Прокурор заверил присяжных, что шансы, что это волос кого-то другого, равны 1 из 10 миллионов, что и привело к осуждению. Через 31 год анализ ДНК 13 волосков, найденных в чулке, показал, что они принадлежат собаке и трем разным людям, среди которых нет Триббла. Вы готовы сказать, что присужденные ему 13 миллионов компенсации адекватны загубленной жизни?

Микроскопический анализ структуры волос признан вообще бесполезным. Под сомнением и все остальные методы, если не привлекается статистическая обработка результатов. Это означает, что необходимо четко оговаривать вероятность, с которой устанавливается справедливость того или иного заключения при применении любых методов, включая кажущиеся абсолютно достоверными, такие как дактилоскопия или анализ ДНК. Студенты, независимо от специальности, учите матстатистику!

Особо следует выделить предложение об обязательной аккредитации всех криминалистических лабораторий и сертификации всех практикующих криминалистов. Если криминалистические лаборатории в большинстве своем аккредитованы, то лаборатории полицейские, в которых обычно производится большая часть работы, этим не озабочены. Вот и получается, что процентов 70 всех работ проводят в неаккредитованных лабораториях.

Досталось и старой царице доказательств, доминировавшей в судебной практике с начала прошлого века. Пример, который я привожу ниже, говорит скорее об избыточном служебном



РАССЛЕДОВАНИЕ

рвении, неистребимом, даже когда оно противоречит здравому смыслу. Однако и количество возможных «совпадений» заставляет задуматься. Отмечу, что для суда в США, в отличие, скажем, от Германии, требуется заключение двух экспертов-дактилоскопистов. И совпадений в узоре отпечатка пальца в США и европейских странах обычно требуется 12, тогда как в России принято ограничиваться семью.

История 3. Два миллиона за совпадения. В 2004 году, после нескольких недель прослушивания и слежки, ФБР арестовало адвоката Брендона Мэйфилда, принявшего ислам после женитьбы на мусульманке. Его отпечатки пальцев «совпали» с отпечатками, обнаруженными на пластиковом пакете, в котором привезли детонаторы для взрыва поезда в Мадриде. Вероятность совпадения ФБР и Минюст оценили как 100%. Испанские власти с этим не согласились и вскоре задержали истинного виновника. В последовавшем судебном разбирательстве выяснилось, что отпечатки Мэйфилда были столь же сходны с искомыми, как и 20 (!) других в базе данных ФБР. Перед Мэйфилдом извинились и выплатили ему 2 миллиона за причиненные страдания.

Однако отпечатков пальцев у человека может не быть вовсе. В журнале «Clinical and Experimental Dermatology» (2012, 37, 6, 679—680) сообщается, что наружное применение весьма распространенных противовоспалительных мазей и кремов на основе кортикостероидов может сглаживать папиллярный узор. Примерно в то же время появилось описание злоключений человека («Oncologist», 2012, 17, 2, 291—293, doi: 10.1634/theoncologist.2011-0243), который лечился противораковым препаратом под названием капецитабин и с большим трудом смог пройти пограничный контроль, поскольку этот препарат вызывает потерю отпечатков пальцев. Теперь такие больные возят через границу справку от врача. Известны также редкие случаи наследственной адерматоглифии: при мутации в гене *SMARCD1* у человека отсутствуют отпечатки пальцев.

В упомянутом докладе рекомендовалось также вывести криминалистическую науку из-под административного контроля юридических учреждений, поддерживать исследования в области источников ошибок и предубежденности свидетельских показаний, унифицировать проверку качества и установить протоколы для исследований, методик и применяемых практик.

История 4. Не верь глазам своим. В дом к 22-летней студентке Дженнифер Томсон ночью вломился мужчина и изнасиловал ее. По ее описанию полиция составила фоторобот. Из шести фотографий она, как теперь понятно, бессознательно выбрала ту, которая больше подходила к описанию, чем к настоящему преступнику. В линейке подозреваемых она без колебаний, со 100%-ной уверенностью, «опознала» Рональда Коттона. Результат — пожизненное заключение.

В тюрьме Коттон встретил Бобби Пула, удивительно похожего на него. Пул признался одному из своих друзей, что Коттон сидит за его преступление. Увы, и на повторном процессе из двоих Дженнифер уверенно выбрала уже при-

вычного Коттона. В 1995 году Коттон впервые услышал о ДНК-идентификации. Анализ однозначно показал, что насильником был Пул, а не Коттон, и через 11 лет после ареста он вышел на свободу.

Дженнифер мучилась от стыда и чувства вины перед человеком, у которого она отняла 11 лет жизни. Через два года она связалась с Коттоном, и страх ее оказался напрасным. Теперь Дженнифер Томсон-Каннино и Рональд Коттон не только лучшие друзья — они соавторы книги «Мемуары о несправедливости и прощении».

Чему верить?

Доля невиновных среди более двух миллионов американских «сидельцев» оценивается в разных источниках по-разному, от одного до пяти процентов. Если криминалистика, как выясняется из доклада, не совсем наука, то что может принимать в рассмотрение суд, а что не должен? Как отличить доказательство от предположения? От этого, казалось бы, теоретического вопроса зависит судьба, а то и жизнь обвиняемых. Ответы на такого рода вопросы дает Верховный суд страны. Поскольку в США действует прецедентное право (принятый в одном случае вердикт служит основой для принятия аналогичных решений в других случаях), то решения, заложившие основы применимости научных свидетельств в суде, носят названия тех дел, где оно было впервые принято.

Первое такое решение называют стандартом Фрая, и оно относится еще к 1975 году. В деле «Фрай против правительства США» Верховный суд сформулировал свою позицию так: «Чтобы быть признаваемым в суде, научное свидетельство должно быть в достаточной степени общепризнанным в той области, к которой оно относится». Понятно, однако, что такое определение больше связано с установлением научности метода как такового, чем с его применимостью в решении той задачи, для которой его используют в данном конкретном случае. Новые методы исследования вообще непригодны для суда при таком подходе — они ведь не общепризнанные.

Да и что такое «общепризнанный»? В науке вопросы не решаются большинством голосов: один может быть прав, а все остальные — заблуждаться. А как определить область, к которой относится данный научный метод? Что это для ДНК-профилирования, например, — биология, генетика, биохимия, клетки, биоинформатика, хроматография, компьютерные науки? К какому сообществу апеллировать в случае применяемого в науке, однако нового для криминалистики метода, ведь наука все больше специализируется? Представим себе довольно дурацкий гипотетический случай, когда число профессионалов в узкой области дошло до двух и они придерживаются разных воззрений, — что тогда?

В 1993 году в решении «Дауберт против Merrell Dow Pharmaceuticals» Верховный суд разработал другой свод правил. Главное из них такое: чтобы быть применимым в суде, свидетельство должно быть научно достоверным и релевантным хотя бы одному из аспектов дела. Кроме этого было предложено множество других факторов, которые должны были помочь судьям низших инстанций формировать свою позицию по отношению к научным доказательствам. Часть из них относится к тому, прошла ли предлагаемая техника анализа экспериментальную проверку или хотя бы может ли она ее пройти. Другая — были ли публикации по этому вопросу в рецензируемых журналах или какие-либо обсуждения, является ли техника общепризнанной в научном сообществе, каковы известные пределы ее ошибок, использовалась ли она в других сферах, кроме судебной.

Правоведы сразу же отметили, что использование термина «общепризнанный» позволяет судам по-прежнему пользоваться стандартом Фрая, где он является единственным критерием, а здесь — одним из многих. Другие теоретики уверяют, что, перейдя к Дауберту, Верховный суд просто заменил один набор

проблем на другой, но сами проблемы не исчезли. Действительно, полностью формализовать доказательность новых (да и не очень новых) методик едва ли возможно, хотя каждая попытка приближает нас к решению абстрактно нерешаемой задачи.

Семь лет спустя

Довольно быстро после публикации отчета последовала реакция Сената. Его юридическая комиссия рекомендовала провести масштабные изменения в федеральных лабораториях и организациях. Но в каждом из 50 штатов США есть свои криминалистические лаборатории. На них эти рекомендации (в США всякая рекомендация сопровождается указанием, кто за это будет платить) не распространяются. А преступления происходят и расследуются как раз на местах, если это не что-то чрезвычайное. Ни одна из этих лабораторий формально не изменила методики работы и не потеряла лицензии. Но работа на местах, конечно, идет. Всего в стране насчитывается почти 400 аккредитованных криминалистических лабораторий, и расходы на их содержание составляют свыше 1,6 миллиарда долларов. В них работают примерно 14 тысяч человек, половина из которых — дипломированные специалисты. Поэтому три четверти расходов составляет зарплата персонала.

Была в отчете и такая рекомендация — создать Национальный институт криминалистики. На него денег не хватило, но в 2014 году появилась Национальная комиссия по криминалистике (National Commission on Forensic Science, NCFs) при огромном Национальном институте стандартов и технологии (NIST). Все ее заседания открыты для публики и транслируются в Интернете, предложения можно присылать на ее сайт.

Федеральное финансирование работ по криминалистике идет через гранты, ежегодно выделяемые Национальным институтом юриспруденции (NIJ). Он поддерживает фундаментальные исследования, переподготовку персонала и переоснащение местных лабораторий. За последние пять лет на фундаментальные исследования надежности и точности криминалистических методов, применяемых в почерковедении и баллистике, при изучении отпечатков, следов, укусов и прочего, было потрачено 100 миллионов долларов. Их результатом стали свыше 600 научных статей и отчетов. В частности, стронулся с места лежащий камень дактилоскопии — статистические методы начали применяться как в ней, так и в других разделах криминалистики. Знаменитая RAND Corporation (от **Research and Development** — «Исследования и разработки», американский стратегический исследовательский центр) тоже получила от NIJ грант — на определение приоритетных направлений в этой дисциплине. Это позволит со временем сделать криминалистику наукой, а не искусством.

Гранты местным лабораториям (порядка 10 миллионов в год) поощряют инициативу на местах и нацелены на две неотложные задачи: стандартизацию методик по стране и ликвидацию очередей на анализ. По гранту NIJ организован Центр совершенной криминалистической технологии (Forensic Science Technology Center of Excellence) в так называемом Исследовательском Треугольнике Северной Каролины (Research Triangle Park). Это своего рода Силиконовая долина, но в области химии, фармакологии, экологии, микроэлектроники, телекоммуникаций. В мае 2016-го в Национальном институте стандартов и технологий прошел двухдневный colloquium о том, как количественно оценивать вероятность сходства паттернов (следы на пулях, отпечатки пальцев, ДНК профили, записи голосов и т. п.). Так что научная работа не стоит на месте.

Однако вопросы ненадежности криминалистических доказательств — не единственная причина, заставляющая задуматься о том, как часто в зале суда фантазии выдаются за науку. В последние годы прошла волна скандалов, связанная с анализом наркотиков в лабораториях. В 2013 году техник Массачусетской лаборатории признал себя виновным в фальсификации тестов,

которые повлияли на 40 тысяч судебных решений! Еще раньше в девяти других штатных лабораториях разразились сходные скандалы. В лаборатории Детройта было столько нарушений, что в 2008 году ее пришлось просто закрыть.

Описан случай, когда на судебном заседании в Делавэре полицейский предъявил суду конверт с вещественным доказательством, в котором должны были находиться 64 голубые таблетки оксикодона, запрещенного к продаже. Но в конверте оказались 13 розовых таблеток для снижения кровяного давления. Расследование показало, что в лаборатории, где проводили анализ, царит полный беспорядок и вещественные доказательства никак не ограждены от постороннего вмешательства.

В апреле 2016 года совет по аккредитации Американского общества директоров криминалистических лабораторий присоединился к Национальному совету по аккредитации. Может быть, это повысит качество работы лабораторий.

В 2002 году в Северной Каролине создали комиссию по расследованию невинности, когда выяснилось, что в штате было осуждено несколько невинных людей. Эта комиссия, назначаемая Верховным судом штата, предназначена для рассмотрения сомнительных случаев, включая те, где неприменим анализ ДНК. Аналогичные комиссии уже созданы в пяти других штатах. А верховные суды Массачусетса и Коннектикута запретили практику опознания в зале суда, как в старом кино: «Это он!» — без предварительного опознания по всем правилам. В законы штата Северная Каролина внесены дополнения относительно процедур допроса и проведения опознания свидетелями. Увы, в этом же штате действует премиальная система, по которой за анализ, который привел к осуждению преступника, полагается 600 долларов. Если нет, то ничего. Сомнительный стимул для объективности.

История 5. Жизнь после оправдания. Грег Тэйлор провел за решеткой 16 лет благодаря грубой ошибке аналитика: красное пятно в кузове его полугрузовичка вообще, как позднее выяснилось, не было кровью. В 2010 году он оказался на свободе с 45 долларами в кармане. Тэйлору повезло — его встретила 26-летняя дочь. Жена к этому времени уже была замужем за другим человеком. Общественная программа «Жизнь после оправдания» считает, что треть невинно осужденных теряют связь со своими детьми, четверть испытывают посттравматический синдром, как после войны. У них нет доступа к медицинской и консультативной помощи, пока они не найдут работу, а с таким перерывом это нелегко — на оправдание несправедливо осужденного за особо тяжкие преступления уходит в среднем 12 лет. Выйдя на волю, Тэйлор впервые увидел телевизор с плоским экраном и ноутбук. Помилованные и отбывшие свой срок могут обращаться в консультации по новой жизни, для ошибочно осужденных такого сервиса нет — они же случайно оказались в исправительной системе. Две трети из них так и не становятся финансово независимыми.

Общество и криминалистика

Кризис в криминалистике вызвал волну общественного интереса к проблеме. Одно из следствий — увеличение благотворительных пожертвований. Ведь в США даже олимпийские команды не имеют государственной поддержки, и ничего, кое-что выигрывают. Так и здесь, Фонд Арнольдов, например, пожертвовал свыше 64 миллионов долларов на гранты по исследованию уголовного судопроизводства, прежде всего достоверности представляемых в суде свидетельских показаний. Фонд семьи Ридерс предлагает программы по образованию и переподготовке специалистов-криминалистов, а также дополнительно поддерживает проекты, получающие гранты от NIJ, Минобороны, от производителей научных приборов. Фонд Чарльза Коха (одного из богатейших людей США) принимает заявки на исследования

системы уголовного судопроизводства и полицейской реформы.

Список можно продолжать, но еще более важным представляется другое — активность общественных организаций, ориентированных на защиту невинных. Кроме общенационального проекта «Невинность» есть множество других. Примеры, приведенные в статье, взяты, главным образом, с их сайтов. Например, Инициатива «Освобождение» (The Exoneration Initiative, EXI) специализируется на тех случаях в штате Нью-Йорк, по которым нет ДНК-экспертизы. Она привлекает добровольцев, в основном студентов-юристов и их руководителей, для бесплатной работы над теми случаями, судебные решения по которым представляются спорными, и зачастую добивается их пересмотра. При этом имеется в виду не только работа с документами, но и настоящие расследования, включая посещение свидетелей. На сходных принципах работают десятки организаций по всей стране. Они есть и в странах бывшего Британского содружества, а также в развитых странах Европы, Аргентине, Тайване и др.

ДНК — царица доказательств

ФБР все еще пересматривает несколько тысяч дел, доказательства по которым поставлены под сомнение. В апреле 2015 года оно объявило, что из 268 рассмотренных дел, среди которых есть как завершенные, так и еще находящиеся в суде, 96% содержат или научно недостоверные доказательства, или какие-либо ошибки агентов ФБР. Среди уже осужденных 33 человека получили смертный приговор, а 9 казнены. Найденная ошибка не означает, что осужденный будет автоматически освобожден, но дает ему право на новый суд, вполне возможно — с другим исходом.

Более половины из 244 несправедливых осуждений, опровергнутых ФБР к концу 2014 года при помощи анализа ДНК, основаны на некорректных данных других криминалистических методов — от грубого нарушения методик до применения способов анализов, надежность которых вызывает теперь сомнения.

История 6. Добрый, но умственно отсталый. Эрл Вашингтон, умственно отсталый, но добродушный чернокожий, хотел всем услужить, но не знал, как. Поэтому, когда его о чем-то спрашивали, он это просто повторял. Когда его спросили об изнасиловании и убийстве, он охотно подтвердил и это. Новый состав защиты, предоставленный проектом «Невинность», обжаловал первоначальный приговор. Однако апелляционный суд Вирджинии оставил приговор в силе на основании признания и потому, что прежняя защита не требовала биологических доказательств. В этой тупиковой ситуации обвинение и защита договорились о проведении ДНК-типирования. К счастью, его результаты, которые исключали Вашингтона из числа подозреваемых, пришли за несколько дней до приведения приговора в исполнение.

Опрос общественного мнения показывает, что три четверти населения страны ставят результаты ДНК анализа выше свидетельских показаний. Эксперты тоже согласны, что неверные свидетельские показания зачастую приводят невинных людей за решетку. Долголетний телесериал CSI (Crime Scene Investigation) сильно влияет на американское восприятие криминалистики. В значительной степени под его воздействием в общественном сознании укоренилось мнение, что результат анализа ДНК — окончательное и бесспорное доказательство.

Справедливо это далеко не всегда. Криминалистический анализ ДНК, куда более научно обоснованный, чем практически все остальные виды доказательств, тоже страдает многими недостатками. Вероятность доказательных ошибок при анализе ДНК хоть и мала, однако не равна нулю.

История 7. ДНК-анализ отрицает материнство. Когда беременная 26-летняя Лидия Фэйрчайлд в 2002 году потеряла работу и разошлась с отцом ее двоих детей, она обратилась

за помощью в социальную службу, где всех попросили сдать анализ ДНК. Отец и оба сына оказались в порядке, но Лидия не была их матерью! Врач, принимавший все ее роды, заверил Лидию, что будет свидетельствовать в суде, хотя объяснить, в чем дело, не может. Но адвокаты, к которым она обращалась, отказывались от ее дела — анализ ДНК не дает ошибок! Ей повезло — дотошный обвинитель раскопал аналогичный случай, опубликованный в медицинском журнале: когда среди родных Керен Киген искали донора для пересадки ей почки, оказалось, что она тоже не мать своих детей. Удаленный у нее когда-то и сохраненный узелок щитовидной железы помог решить медицинскую головоломку: оказалось, что она — химера, то есть организм, образовавшийся слиянием двух оплодотворенных яйцеклеток. Она сама себе сестра. В некоторых органах ее тела ДНК может отличаться как у разнояйцевых близнецов — наполовину. Дело против Лидии Фэйрчайлд закрыли только тогда, когда мазок из шейки ее матки оказался «родственным» ее детям — в яичниках сохранился ее «близнец».

Есть другая, куда более распространенная проблема. По статистике из тысячи мужчин (они представляют больший интерес для криминалистики) шестеро — гомозиготные, однойцевые, близнецы. Поскольку они генетически неразличимы, то и ДНК-профиль у них одинаковый. Есть сравнительно много случаев, когда ДНК показывает, что преступник — один из близнецов, но если невозможно доказать, какой именно, то закон требует признать обоих невиновными. Помочь может то, что они имеют различающиеся отпечатки пальцев — их узор зависит как от генетики, так и от окружающей среды (например, от того, как плоды были расположены в матке), а ее влияние на них не совсем идентично. В 2012 году в Теннесси полиция задержала человека на 36 часов и уже собиралась отправить его в Луизиану, откуда пришел запрос, когда по отпечаткам выяснилось, что ищут его близнеца, который умер в заключении. К сожалению, эти самые отпечатки не всегда ждут полицию на месте преступления.

Здесь надо упомянуть анализ митохондриальной ДНК как альтернативу более распространенной ДНК-дактилоскопии. Им теперь обычно заменяют микроскопический анализ волос — если, конечно, имеется корень, волосная луковица, поскольку сам-то волос не содержит никакой ДНК. Митохондриальная ДНК находится в клетке вне ядра (в отличие от хромосомной), она гораздо меньше по размеру, стабильнее, и число ее копий в сотни раз больше, так что ее легче собрать как на месте преступления, так и, что немаловажно, со старых вещественных доказательств. Однако убедительность анализа митохондриальной ДНК неизмеримо меньше, чем ядерной, и понятно почему. Митохондриальная ДНК наследуется строго по материнской линии, так что информация в ней относится не к индивиду и даже не к близнецам, а к генеалогической ветви, ко всей материнской родне. Ядерная ДНК наследуется от обоих родителей и имеет значительное сходство только у братьев и сестер, быстро теряя его по мере расхождения в родстве. Вот если есть возможность выделить Y-хромосому, то можно проследить родство и по мужской линии.

Однако самый страшный бич всех анализов — примеси, загрязнения. В одном из недавних исследований участников попросили пожимать руку партнеру в течение двух минут, затем дали каждому в руки нож, а потом с рукояткой взяли пробы на ДНК. Плохо уже то, что в 85% проб была найдена ДНК напарника по рукопожатию, однако в 20% она была основной или даже единственной, а это уже просто катастрофично для выводов расследования!

Полимеразная цепная реакция (ПЦР) повысила чувствительность определения ДНК настолько, что теперь можно с отпечатка пальцев взять еще и пробу на ДНК. Однако, от добра до худы один шаг. Адвокат проекта «Невиновность» утверждает, что нередко причиной ошибочных выводов становится суперчувствительность современных методов определения ДНК. Эксперты в перчатках трогают одно вещественное доказательство,

затем другое. Этого бывает достаточно, чтобы перенести микроскопическое количество ДНК невиновного с одного предмета на другой, тем самым превратив его в виновного.

В суровой практике криминалистической жизни чего только не встречается, и случаи группового изнасилования — не самые экзотические. Здесь аналитик заведомо имеет дело со смесью ДНК.

История 8. Журналистское расследование. В деле Кэрри Робинсона два аналитика ФБР штата Джорджия дали заключения, что он не может быть исключен из числа подозреваемых по результатам анализа спермы в деле о групповом изнасиловании (другой обвиняемый «имел зуб» на него и свидетельствовал о его участии). Робинсона осудили вместе с другими. Но в 2010 году журналист из «New Scientist» пригласил двух профессоров, которые разослали образец 17 экспертам по анализу ДНК. Один из них согласился, что Робинсона нельзя исключить, четверо сочли доказательства недостаточными, а остальные 12 признали, что его следует исключить из числа подозреваемых. Защита все еще добивается нового суда.

Так что ДНК, конечно, царица доказательств, но не богиня.

Как это делается?

Сейчас ДНК-идентификацию проводят по сочетанию количества коротких tandemных повторов в нескольких локусах (участках хромосом). В некоторых известных локусах мотивы последовательностей из 2—7 букв-оснований повторяются один за другим — объединены в тандемы по 5—50 повторов. Бывают и более длинные тандемы, но мы сейчас не о них. Число коротких tandemных повторов в одном и том же локусе различается у разных людей, однако недостаточно сильно, чтобы идентифицировать индивида. Поэтому исследование приходится проводить на нескольких локусах, от 6 до 15 (американский стандарт — 13), но может доходить и до 40 в особо сложных случаях, когда имеют дело со смесью ДНК разных людей. Сочетание этих различий позволяет с высокой точностью сравнивать пробу подозреваемого и имеющийся образец. Результат анализа считывает компьютер, что позволяет сразу же отправлять его на сравнение или хранение.

История 9. Очередь за ДНК. Набор улик при изнасиловании в Нью-Йорке собрали сразу после преступления — в 1995 году, но проанализировали только в 2001-м (очередь!). Профиль ДНК нападавшего не совпал ни с чьим из уже имевшихся в базе данных, поэтому он был объявлен в розыск как John Doe (неизвестный). Лишь в 2015 году во Флориде за драку арестовали человека, чей профиль ДНК совпал с этим в базе данных. Он отправлен в Нью-Йорк для дальнейших следственных и, вероятно, судебных разбирательств. Сейчас, конечно, таких очередей уже нет.

Программу CODIS (Объединенный банк данных образцов ДНК и программного обеспечения для работы с данными) создали в США в 1994 году, хотя фактические данные начали собирать уже в 80-х годах, когда в практику стал входить метод ДНК-идентификации. В мае 2016 года в CODIS имелось свыше 12 миллионов ДНК-профилей осужденных, 2,3 миллиона — арестованных и 708 тысяч профилей, затребованных при следствии. Благодаря этому банку данных удалось найти 332 348 совпадений, которые помогли в 318824 расследованиях. При этом подходы к анализу фрагментов ДНК и оправданному количеству локусов все время уточняются. Более 200 лабораторий в США проводят ДНК-профилирование. Кроме них есть лаборатории, устанавливающие родство, чаще всего отцовство.

Что дальше?

В 2012 году было показано, что геномы даже однойцевых близнецов имеют некоторые эпигенетические различия («Genome

Research», 2012, 22, 1395—1406, doi: 10.1101/gr.136598.111). Но оказывается, есть у них различия и в самой последовательности ДНК – так называемые SNP (single nucleotide polymorphism). Разработанный в Германии компанией «Eurofins Scientific» метод идентификации близнецов сейчас проходит судебную проверку на прочность в США.

История 10. Как различили близнецов. Еще в 2004 году две молодые женщины были похищены и изнасилованы с перерывом в восемь дней в округе Саффолк на Лонг-Айленде. Преступников нашли и арестовали. Один из них уже отбывает наказание. У другого оказался брат-близнец. Кто же из них преступник? Дело тянулось долго, пока в 2012 году обвинение не прослышало об успехах «Eurofins Scientific». В фирме полностью секвенировали геномы обоих братьев, а чтобы исключить ошибки, повторили процедуру несколько раз! В результате сравнения полных последовательностей их ДНК (свыше 3 миллиардов пар оснований в каждой) были найдены 5 снипов (единичных замен одной пары нуклеотидов на другую), отличающих близнецов друг от друга. Этого, по мнению обвинения и ученых, более чем достаточно, чтобы осудить именно Дуайна Макнейра, а не его брата. Полиция округа заплатила фирме свыше ста тысяч долларов за анализ.

Основное возражение защиты, как и следовало ожидать (процесс только начался), состоит в том, что метод — не общепризнанный. Еще бы, это первое использование метода в судебном процессе! Вряд ли он будет быстрым. Однако не стоит забывать, что второй участник похищений и изнасилований, создавшийся в преступлении и сотрудничавший со следствием, чтобы получить более мягкий приговор, давно указал на Дуайна как на соучастника.

Несмотря на то, что стоимость секвенирования падает, широкодоступным полный анализ генома станет не завтра. Поэтому специалисты ищут более дешевые способы различения близнецов. Один из результатов опубликован в прошлом году («Analytical Biochemistry», 2016, 476, 36—39, doi: 10.1016/j.ab.2015.02.001). Эпигенетические различия, которые с возрастом накапливаются в геномах близнецов, — это, в частности, разная степень и «рисунок» метилирования цитозиновых оснований ДНК. Поскольку 5-метилцитозин не подвергается бисульфитному превращению в урацил, то можно различить определенные участки хромосом с метилированными и неметилированными фрагментами. Разница в их температуре плавления вполне заметна. Хотя уже достигнутый уровень достоверности различения гомозиготных близнецов не слишком велик — вероятность ошибки ниже 5% или даже 1%, метод представляется вполне перспективным.

Вопросы цены играют существенную роль и во многих других видах криминалистического исследования. Все шире входит в практику криминалистическая радиология: компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). Первая дешевле, и на трупе ее проводить легче — можно пользоваться устаревшим оборудованием, дающим большие дозы рентгеновского облучения, мертвому уже все равно. Для сосудистой КТ «пациентам» морга приходится вливать смесь вазелинового масла и маслянистого контрастного вещества.

Появляются и новинки, например идентификации по микробиому бактерий, населяющих человека: он не менее уникален, чем отпечатки пальцев. На наших глазах рождается фенотипирование — воссоздание по следам ДНК если не портрета, то, во всяком случае, некоторых характерных свойств преступника, которые генетически заданы (см. «Химию и жизнь», 2014, 5).

История 11. ДНК открыла приметы преступника. В конце 2009 года велосипедист обнаружил на обочине дороги тело женщины. Те, кто видели ее живой последними, дали ей позвонить по своему телефону. Номер привел полицию к группе нелегальных мексиканских рабочих, которые оказались в



РАССЛЕДОВАНИЕ

фокусе расследования. Под ногтями убитой, боровшейся за свою жизнь, нашли ДНК, очевидно принадлежащую убийце. У всей группы взяли ДНК — и ни одного совпадения. Ничего не нашлось и в обширной базе данных ФБР. Дело зависло на много лет. И только сейчас, благодаря фенотипированию, удалось установить черты внешности преступника. Оказалось, что ДНК принадлежит человеку североευропейского типа, с бледной веснушчатой кожей, каштановыми волосами, вероятно, зелеными или голубыми глазами. Поиск приобрел совершенно другое направление. Правда, дело пока не раскрыто, но активная работа возобновилась.

Фенотипирование приобрело известность с налетом скандальности после того, как Хизер Дьюи-Хэгборг, завершая свою диссертацию по электронному искусству в престижном Ренсслаеровском политехническом институте, стала с большим успехом выставлять свои скульптурные барельефы лиц по всему миру. Она подбирала окурки или выплюнутую жвачку, выделяла из них ДНК и, пользуясь общедоступной биолaborаторией «Genspace» в Бруклине и 3D-принтером (в США многие местные библиотеки предоставляют бесплатные 3D-принтеры), реконструировала предполагаемый облик человека. Об этом написали в «New-York Times», многие другие издания подхватили, и пошло-поехало.



Это ее «автопортрет». Похоже, правда? Хотя и не совсем уж как фото, но на уровне полицейского фоторобота. Хизер создала компьютерную программу, которая отбирает 40—50 последовательностей, связанных (или она надеется показать, что связанных) с внешними характеристиками лица — склонностью к полноте, расстоянием между глазами, формой носа и т. п. У многих, в том числе у нее самой, есть сомнения, законно ли создавать такого рода «портреты», поскольку художник здесь не просто выражает некую идею, но и выставляет напоказ личную информацию без согласия и без ведома «модели». На своем сайте (<http://biononymous.me/>) Хизер и ее друзья-последователи объясняют, как самому сделать набор, позволяющий не только стирать, но и маскировать следы своей ДНК. А это уже может помочь скрыть и не совсем невинные следы.

Так что борьба «снаряда и брони» продолжается, и число задач у криминалистики не уменьшается, а только растёт.



Витамин приручает литийорганику

Химики из Испании и Великобритании смогли провести реакцию с участием литийорганических соединений на воздухе, без создания инертной атмосферы (*«Angewandte Chemie, Int. Ed.»*, 2016, 55, 52, 16145–16148, doi: 10.1002/anie.201609929). Обычно в таких условиях реакции не идут, а бывает, что реакционная смесь загорается малиново-красным пламенем.

Приручить литийорганические соединения, по крайней мере в реакциях с небольшими объемами реагентов, удалось исследовательской группе под руководством Евы Хевии из Университета Стратклайда (Шотландия) и Хоакина Гарсия Альвареса из университета Овьедо (Испания). Свое изобретение они назвали «глубоко эвтектический растворитель» (deep eutectic solvent — DES). Новый подход сделает безопаснее работу с литийорганическими соединениями в лаборатории. Кроме того, в ряде случаев DES позволяет проводить реакции более селективно, чем это возможно в обычном протоколе при инертной атмосфере.

Незаменимые в органическом синтезе литийорганические соединения отличаются значительной пирофорностью, то есть могут сами загораться на воздухе, что небезопасно. Собственно, благодаря этому же свойству — высокой реакционной способности — химики охотно применяют их в синтезе. Однако из-за своей активности литийорганика легко вступает в побочные реакции, особенно когда в реакционной смеси появляются следы



DES, «deep eutectic solvent» — «глубоко эвтектический растворитель» облегчает работу с литийорганикой

воды. Именно поэтому химики стараются работать с такими соединениями очень осторожно: используют специальные камеры для создания инертной атмосферы, а также охлаждают реакционную смесь, содержащую органические производные лития, до -78°C .

Волшебный растворитель, с помощью которого Хевия и Альварес смогли решить проблему с литийорганическими соединениями, получается просто: нужно всего лишь смешать глицерин и холинхлорид. Новый растворитель использовали, чтобы получить амины из иминов и литийорганических соединений, причем реакция протекала в контактирующей с атмосферой колбе и при комнатной температуре. Конец соединения образовалось молниеносно — за три секунды, но совершенно безопасно для химиков.

Как полагают исследователи, эффект растворителя вызван тем, что в его структуре есть сложная сеть водородных связей, а она приводит к активации и ускорению реакции литийорганического реагента с электрофильным субстратом (впрочем, это предположение еще надо доказать

ХЕМОСКОП



или опровергнуть). Система водородных связей также отвечает за подавление побочных реакций — все частицы, которые могут гидролизовать литийорганический реагент, попадают в эту сетку водородных связей и не могут атаковать связь $\text{Li}-\text{C}$. Было доказано, что литийорганический реагент в этом растворителе даже через пять минут (обычно литийорганика в контакте с атмосферой при комнатной температуре за это время успевает загореться или самоуничтожиться каким-либо другим способом) сохраняет активность и дает целевой продукт с выходом, близким к 100%.

В отличие от обычных растворителей для работы с литийорганикой (линейные и циклические эфиры), глубоко эвтектический растворитель низкоточеч, а значит, сам по себе практически не огнеопасен. Еще одна причина повышенной безопасности нового растворителя — его высокая теплоемкость, которая позволяет проводить идущие с выделением тепла реакции без охлаждения реакционной смеси.

Исследователи считают, что вполне возможно применение нового растворителя и в промышленных масштабах — он будет обходиться дешевле, чем энергия, которая требуется для охлаждения реакционных смесей до -78°C . Один из компонентов растворителя, холинхлорид, относят к витаминам группы В (витамин В4), его применяют как важную кормовую добавку для животных и производят в промышленных масштабах, а цена глицерина также невысока.



ХЕМОСКОП

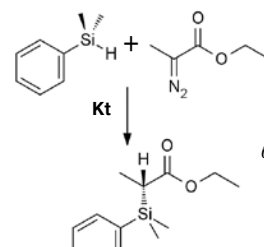
Первый шаг к «кремниевой» жизни?

Исследователи из США модифицировали ферменты, после чего смогли катализировать образование связей углерод-кремний — процесса, абсолютно чуждого для биохимии земных организмов (*«Science»*, 2016, 354, 6315, 1048–1051, doi: 10.1126/science.aah6219). Когда-нибудь подобные ферменты помогут исследователям создавать гибридные кремний-углеродные формы жизни, которые пока существуют только в фантастических мирах.

Несмотря на то что кремний и углерод располагаются в одной группе Периодической системы и многие (хотя не все) их химические свойства похожи, науке ничего не известно об организмах, умеющих синтезировать вещества со связью $\text{C}-\text{Si}$.

Группе исследователей, работающих под руководством специалиста в области направленной эволюции Френсис Арнольд из Калифорнийского технологического института, удалось заставить ферменты эволюционировать таким образом, что они стали способны ускорять образование кремнийорганических соединений. Причем более эффективно, чем это делают синтетические катализаторы. Полученные в лаборатории ферменты катализуют внедрение карбенов в связь кремний-водород, при этом реакция протекает с практически идеальным стереохимическим результатом.

Исследователи научили новым трюкам гемопротейны, выделенные из организма аэробных термофильных бактерий *Rhodothermus marinus*. В клетке бактерии



Модифицированные белки-гемопротейны могут катализировать образование связи углерод-кремний

эти сложные белки способствуют переносу электронов, в хорошо всем известных окислительно-восстановительных реакциях. Исследователи обнаружили, что если в среду, в которой находятся белковые комплексы, включающие в себя цитохром с, добавить подходящие источники углерода и кремния, то многие из этих ферментов начинают катализировать образование связи $\text{C}-\text{Si}$, правда, с низкой активностью и практически неселективно.

Для увеличения производительности белков-катализаторов исследователи решили провести их направленную и ускоренную эволюцию в лабораторных условиях.

Направленная эволюция фермента значительно увеличила эффективность и селективность. Она заключалась в замене одних аминокислотных остатков другими вблизи активного центра фермента. Исследователи продемонстрировали, что модифицированный фермент могут синтезировать клетки кишечной палочки, а также что он катализирует образование связи C–Si *in vivo*. А значит, соединения, совершенно чуждые живой природе, можно получать с помощью биотехнологий, заставив микроорганизмы их синтезировать.

Специалист по биокаталитическим процессам Манфред Ритц (Германия) считает, что большинство изученных в последнее

время природных и видоизмененных металлоферментов уступают по эффективности катализаторам на основе переходных металлов, а таких примеров, чтобы фермент превосходил металлокомплекс в нетипичных для этого фермента реакциях, практически нет. Поэтому каталитическая система, разработанная Арнольд, кажется вдвойне привлекательной — фермент, созданный путем направленной эволюции, не только научился выполнять нетипичную для него работу, но и делает это лучше, чем комплексы переходных металлов, обычно применяющиеся для получения связи C–Si.

Исследователи из группы Арнольд отмечают, что если возобновляемые и биоразлагаемые катализаторы-ферменты заменят металлокомплексные катализаторы (которые используют сейчас), то они решат и ряд проблем, связанных с сохранением

окружающей среды. Ферментативные реакции протекают в физиологических условиях — в воде, при температуре, близкой к комнатной и при нейтральных значениях pH. Но поскольку исходный белок, подвергшийся трансформации, взяли из бактерий, обитающих в горячих источниках Исландии, его измененная версия также отличается исключительной устойчивостью, сохраняя свою каталитическую активность даже после длительного кипячения в автоклаве. Уже сейчас с ее помощью можно синтезировать некоторые лекарственные препараты, в которых есть связь между кремнием и углеродом. А в перспективе, вполне возможно, найдется и ответ на вопрос, который до сих пор решались задать только фантасты: «Что произойдет, если заменить углеродживой ткани на кремний?»



ХЕМОСКОП

Болезнь Альцгеймера: победить нельзя сдаваться

К сожалению, в науке бывают не только удаchi, но, как говорил Нильс Бор, отрицательный результат — тоже результат. Чем скорее мы убедимся, что выбранная дорога никуда не приведет, тем скорее найдем правильный путь. В декабре 2016 года американская фармацевтическая компания «Eli Lilly & Co.» заявила, что ее препарат соланезумаб для лечения болезни Альцгеймера во время третьей фазы клинических испытаний показал себя неэффективным («Chemical and Engineering News», 2016, 94, 47, 13). Официальное сообщение представителей компании о неудачных результатах испытаний обвалило ее акции на 15%.

Более десяти лет исследовательские группы, разрабатывавшие лекарство против болезни Альцгеймера, активно искали вещества, которые предотвращали бы образование амилоидных бляшек в тканях мозга или даже могли бы разрушать эти бляшки. Соланезумаб связывается с растворимыми в воде мономерными формами β-амилоидных белков, но до этого уже показал себя малоэффективным в двух фазах клинических испытаний, однако специалисты из «Eli Lilly & Co.» решили попробовать еще раз, мотивируя это некоторой положительной динамикой у пациентов с ранней стадией болезни Альцгеймера.

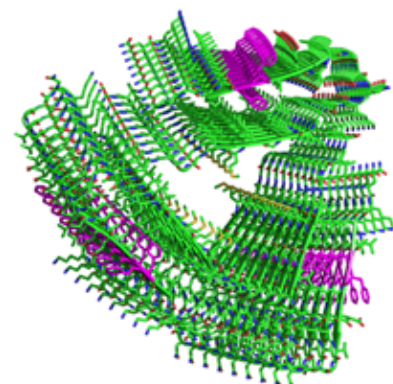
И последнее испытание тоже дало неутешительный результат: соланезумаб совершенно не замедлял развитие когнитивных расстройств. Представители «Eli Lilly & Co.» заявили, что компания останавливает оформление документов, необходимых для вывода на рынок препарата, продажи которого в случае успеха могли бы дать миллиарды долларов прибыли.

Неудача «Eli Lilly & Co.» огорчительна и для другого фармацевтического гиганта

— компании «Biogen», которая планирует приступить к завершающей фазе клинических испытаний адуканумаба, препятствующего образованию β-амилоидных агрегатов. Признание «Eli Lilly & Co.» на 8% понизило стоимость и акций «Biogen», хотя в разработке препаратов для лечения болезни эти компании не сотрудничали, а конкурировали.

Соланезумаб — далеко не единственное несостоявшееся лекарство от болезни Альцгеймера. У самой «Eli Lilly & Co.» это третья неудача в борьбе с нейродегенеративными заболеваниями. В 2010 году на третьем этапе клинических испытаний компании пришлось отбросить семагакестат, низкомолекулярное соединение, блокирующее фермент γ-секретазу, который участвует в образовании амилоидных бляшек. Тремя годами позже работа над еще одним кандидатом в средства против агрегации амилоидных бляшек, препаратом под кодовым названием LY2886721, была прекращена после второй фазы клинических испытаний.

После фиаско с соланезумабом в среде специалистов по нейромедицине появилось мнение, что «амилоидную» гипотезу развития болезни Альцгеймера следует переосмыслить, равно как и подходы к ее диагностированию. Сэм Гэнди, специалист по амилоидным белкам и их влиянию на организм человека, около года назад предсказавший неудачу с соланезумабом, предполагает, что одна из ее причин — позднее начало лекарственной терапии. По его словам, экспериментальный препарат назначали после сканирования мозга и подтверждения, что в его тканях есть амилоидные агрегаты. Однако сложно сказать, как долго они накапливались и



Protein Data Bank in Europe

Схематическое изображение амилоидных фибрилл

сколько вреда успели причинить до того, как их удалось обнаружить.

Другие специалисты склонны считать, что провал клинических испытаний скорее связан с самим соланезумабом. Несмотря на то что это антитело, связывающее β-амилоиды, сама связь недостаточно прочна для того, чтобы препарат мог бы очистить мозг от амилоидных бляшек или просто замедлить их рост. Таких взглядов придерживается специалист по неврологии из Гарварда Деннис Селко, одним из первых сформулировавший амилоидную гипотезу еще в начале 1990-х годов. Селко надеется, что экспериментальный препарат фирмы «Biogen», тот самый адуканумаб, покажет более высокую эффективность в борьбе с амилоидными бляшками и, возможно, лекарство против болезни Альцгеймера в итоге появится в аптеках и больницах.

Выпуск подготовил кандидат химических наук

А.И. Курамшин

Школы за рубежом: можно заимствовать?

Л.А.Ашкинази

Мы часто говорим, что нужно учиться на чужих ошибках. Но почему на ошибках, а не на успехах? Тем более, что критерии успеха бывают яснее и очевиднее, чем критерии ошибок. Например, в образовании.

Кого изучать

Если мы хотим применять в российском образовании что-то зарубежное, возникают три проблемы — две маленькие и одна большая. Первая маленькая — различия в образовательной структуре: школа соседствует с семьей, детским садом, техникумом, вузом, а это соседство и распределение функций в разных образовательных системах устроено по-разному, что влияет на задачи и методы школы. Вторая маленькая — различия вне образовательной среды, например степень идеологического и административного прессинга, отсутствие или наличие денег, низкий или высокий социальный статус образования. От среды мы можем в какой-то степени абстрагироваться, если найдем оазис (школу под сильной «крышей») или просто намажем на хлеб зарплату веру в светлое будущее российского образования. Третья, большая и недостаточно серьезно воспринимаемая, — различие ментальностей.

Изучать имеет смысл успешные образовательные системы. Но что такое «успешное образование»? Мнение самого общества, на которое иногда ссылаются, зависит от требовательности, от ответственности, вообще — от традиции. Мнения отдельных частных лиц не всегда имеют отношение к реальности. Мнение людей, которые сами преподавали за рубежом, казалось бы, заслуживает большего внимания. Однако это всегда личный частный опыт, который зависит от нескольких очевидных случайных факторов. Чтобы понять, как надо относиться к частному опыту, загляните на сайт какой-нибудь российской школы или поговорите с учителями — вы обнаружите диаметрально противоположные отзывы. А теперь представьте, что вам разрешили прочитать только один отзыв, вдобавок заменили слова «школа номер такая-то города такого-то» на слова «российские школы».

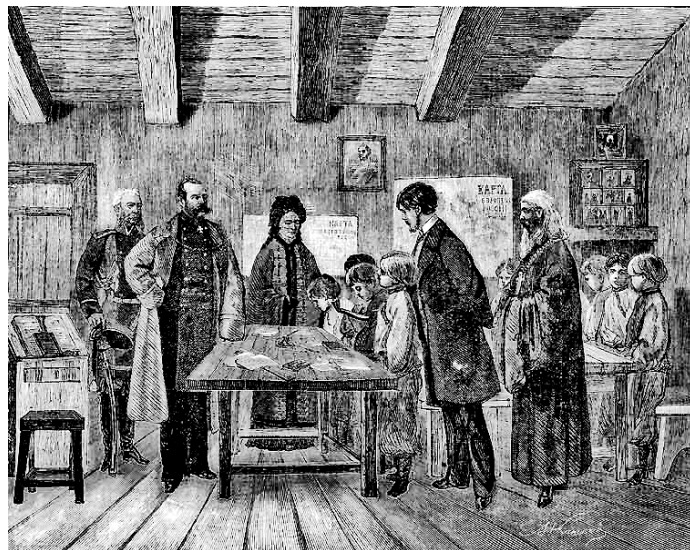
Желание сопоставить разные системы образования возникло у людей не вчера, и к настоящему моменту общеприняты два международных регулярно проводимых исследования — TIMSS и PISA (есть и другие). Кроме того, применяется сопоставление по результатам международных олимпиад. Но олимпиад много — какую или какие брать? В стране с населением в миллиард человек выбор школьников для участия в олимпиаде в сто раз больше, чем в стране с населением в десять миллионов. Важно участие государства, расходы на поиск, отбор, подготовку, оплату тренеров, на создание надлежащей атмосферы и т. д. Десять гениев — это престижно, первое место греет душу и властям, и простым гражданам, но прогресс общества определяется не десятком гениями, а если эти гении натренированы на решение олимпиадных задач, они и подавно не показатель.

Хотелось бы использовать какой-то критерий, охватывающий большую долю населения и говорящий именно об инновационном потенциале, о возможности прогресса. Например, количе-

ство публикаций в рецензируемых научных журналах на душу населения или количество патентов, выданных резидентам. Но эти данные сильно связаны с многими другими сторонами жизни (например, в России выдавались патенты на вечный двигатель), и применить их для оценки качества образования вряд ли удастся. Кроме того, нас в данный момент интересует именно школьное образование.

Международные регулярно проводимые исследования TIMSS и PISA, подробное описание которых есть в Интернете, показывают, если говорить предельно упрощенно, наличие базовых знаний и освоение базовых навыков, желательных для жизни в современном обществе. Так, TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) — это оценка качества математического и естественно-научного образования учащихся 4, 8 и 11-х классов, PISA (Programme for International Student Assessment) — оценка математической, естественно-научной, читательской и компьютерной грамотности 15-летних. Исследования охватывают тысячи школьников, которых не тренируют специально, поэтому результаты говорят о системе образования в целом. Результаты этих исследований позволяют узнать много интересного, и содержательный анализ в Интернете можно найти, но сейчас нас интересует нечто конкретное — образовательные системы каких стран стоит изучать в первую очередь?

Согласно этим двум исследованиям, результаты по разным предметам неплохо коррелируют, поэтому можно (по крайней мере, для нашей цели) говорить о качестве образования в целом. Если посмотреть на верхнюю треть списка, то мы увидим четыре группы стран, чьи школьники показывают хорошие результаты по разным предметам и в разных классах. Первая — Сингапур, Гонконг, Япония, Тайвань, Южная Корея. Вторая — западноевропейские страны, из них чаще всего мы встре-



Государь Александр Николаевич с императрицей в крестьянской сельской школе. Гравюра 1870-х гг.

чаем Нидерланды, Финляндию, Лихтенштейн. Третья группа — наследие Британской империи, в основном Канада, Новая Зеландия и Австралия. Четвертая — восточноевропейские, прежде всего Эстония и Польша. Видно, что высоких результатов можно добиться при самой разной ментальности. Принципиально важным было бы выяснить, чем страны-рекордсмены выделяются именно в своем регионе; но такой информации найти не удалось.

Разгребая Интернет

При изучении любого вопроса естественно посмотреть, что в этом направлении уже сделано и опубликовано. Большинство текстов приводят лишь формальные данные — сколько лет длится обучение, какова доля частных школ, сколько стоит обучение в них. Во многих случаях это просто реклама фирм, которые пишут, что помогут отправить ребенка в такую школу. Некоторые статьи, даже и не являющиеся рекламой, все равно ограничиваются приведением большого количества данных. Но, скажем, какое значение имеет доля бюджета, направляемого на образование? Деньги на образование поступают не только из бюджета, неизвестно, какая часть образовательного бюджета направлена на школу, неизвестно, какая часть этих денег попадает в школы, и главное — одни и те же деньги можно расходовать на разное и по-разному.

Второй тип статей — рассказ о том, что все плохо там, где нас нет, причем автор обычно или плохо информирован, или просто врет. Делает ли он это за деньги или по велению сердца, в данном случае не важно. Третий вид бесполезных статей — состоящие из общих утверждений, типа «общество уделяет большое внимание», «педагоги пользуются большим уважением», «вместо отчетности у них ответственность» и т. д. Все это может быть и так, но конкретные данные не приводятся, а даже если мы такие данные получим, как мы сможем их применить? Попросить общество больше уважать педагогов? Большинство социальных свойств и норм этого плана апеллируют к ментальности и традиции, и вне их они не могут быть реализованы. А некоторые утверждения бессодержательны — например, насчет соотношения отчетности и ответственности: если нет отчетности, то ответственность — за что? Фактическая отчетность может выглядеть не так, как в привычной автору среде — он ее и не заметил.

Некоторые особенности школьного образования, конкретные и понятные, очевидно, хороши только при определенных параметрах общества. Например, в финской школе декларируется принцип равенства — все учатся вместе, все школы одинаковы и т. п. В таком методе есть важные психологические и социальные плюсы, но это возможно только в обществе относительно однородном, поставившем себе эту однородность целью и достаточно богатом, чтобы компенсировать разницу между гением и больным ребенком, поместив их в один класс и поставив ко второму персонального педагога. То есть эта однородность лишь декларируется, потому что у всех школьников индивидуальные учебные планы; вопрос оказывается сложнее, чем кажется.

Четыре типа новаций

Любые новации опираются на внутренние и внешние обстоятельства. Внутренние свойства людей — это психология, склонность к инновациям, к принятию или отторжению перемен и т. п., то есть ментальность. Внешние обстоятельства — это имеющиеся средства и возможности купить те или иные действия и услуги, а также властные полномочия, возможность повлиять на действия людей не деньгами, а приказом, распоряжением.

«Ментальные» новации — помянуть об этом можно, но изменения ментальности медленны, тем более в большой стране, и опираться на них при попытках что-либо реформировать нельзя.



Ментальность определяется всей культурой, всей историей, детскими сказками, семьей, а фактором изменения ментальности может быть только реальная жизнь на этапе становления личности и в некоторой мере школа, но лишь при сознательной образовательной политике. Значит, характерный временной масштаб — поколение, 20—25 лет. Или еще больше.

«Политические» новации — это то, что хотя бы в принципе может быть сделано в российском обществе административным путем, но без попыток изменения психологии и ментальности людей. Причем это изменения, требующие больших денег, — то есть политического решения, в частности изменения бюджета.

«Административные» — то же, но не требующие больших денег, то есть возможные на уровне руководства собственно образованием — министерств, академий, разработчиков стандартов и экзаменов.

«Внутришкольные» — то, что может быть сделано на уровне школы и конкретного педагога.

Для придания ясности классификации приведем по одному примеру трех последних новаций. Пример политического действия — всеобщая профилизация, то есть разделение, начиная с какого-то класса, единой школы на «потоки». При этом часть предметов преподается всем (например, основы математики, физики и химии, а также языки), а часть — отдельно (углубленное естественно-научное образование, углубленное социально-экономическое, углубленное гуманитарное и т. д.). Доводы за и против очевидны, и, казалось бы, такое решение может быть принято на уровне руководства образованием. Но это не так, потому что необходимы серьезные дополнительные ассигнования, изменение бюджета. А целесообразность зависит от общей структуры — например, если само школьное образование короче и за ним в большинстве случаев следует среднее специальное, то необходимость в профилизации школы меньше. Однако некоторая профилизация может быть, при некоторых дополнительных условиях, сделана и на уровне школы, такие случаи есть.

Пример административного действия — изменение общей программы, приближение к конкретным нужным для жизни вещам. Иногда пишут, что в финской школе преподают только то, что может понадобиться в жизни. И перечисляют примерно так: логарифмы или устройство доменной печи не пригодятся, их и не изучают. Зато здешние детишки с детства знают, что такое портфолио, контракт, банковская карта. Умеют высчитать процент налога на полученное наследство или заработанный в будущем доход, создать сайт-визитку в Интернете, просчитать цену товара после нескольких скидок.

Такое изменение может быть сделано на уровне руководства непосредственно образованием. Но Финляндия как общество и как страна ставит себе иные задачи, нежели Россия, поэтому в ней «конкретное образование» может быть важнее «фундаментального». Оптимальное соотношение конкретного и фундаментального в образовании зависит от общества, вдобавок оно изменяется со временем. И оно зависит также от распределения задач внутри образовательной системы, то есть от распределения задач между средним и высшим обра-

зованием. Причем фундаментальное образование на школьном уровне может быть отчасти возложено на специализированные школы (опыт СССР и США), на университеты, взаимодействующие со школами (опыт США и СССР), и даже на дистанционные курсы под эгидой вузов (и это было в СССР). Заметим также, что именно фундаментальное образование обеспечивает — и развивая мышление, и, по сути, закладывая фундамент — возможность освоения нового в будущем. Через пять или десять лет, когда легко усвоенное в школе «конкретное» устареет. Или через двадцать, когда устареет безнадежно.

Третий тип новаций — которые условно названы «внутришкольными». Это то, что может сделать конкретный педагог, не рискуя нарваться на неприятности, и конкретный директор школы, не рискуя нарваться на крупные неприятности. Тут можно что-то заимствовать в других образовательных системах. Причем во многих случаях опытному педагогу и директору и так ясно, будет ли польза и возможны ли неприятности. Некоторые авторы отмечают, что согласно российским законам у директора и учителя больше прав в смысле новаций, чем реально используется. По-видимому, здесь в некоторой степени играет роль ментальность, нежелание идти на конфликт с руководством. Тем не менее в надежде на лучшее обратимся к конкретной литературе о зарубежной школе — вдруг мы найдем что-нибудь полезное?

Что нашлось

Книг, в которых рассматривается несколько образовательных систем, нашлось две: книга А.Н. Джуринского, целиком посвященная школе, и Кристины Гросс-Лю, о воспитании вообще, но содержащая две главы о школьном образовании (см. ссылки в конце статьи). В первой рассмотрены, наверное, все стороны образовательных систем нескольких стран, особенно подробно описаны системы профориентации и общего профессионального образования. Однако прямого сопоставления образовательных систем разных стран нет, и анализа тоже нет, а наиболее интересные для нас страны упоминаются редко.

Во второй книге есть две главы, посвященные именно азиатским странам и Финляндии, но анализа нет, а отдельные наблюдения могут быть и существенны, а могут быть и случайны. Например, вот что пишет автор, противопоставляя южнокорейскую ситуацию китайской: «Здесь никто не говорит о служении родине или о “насыщенной” жизни, как в Китае. И никто не упирает на самореализацию. В Южной Корее на первом месте стоит семья, и ваши достижения, по сути, являются выражением дочернего или сыновнего долга. (...) Наглядная иллюстрация — в корейских домах развивающие картинки специально вешают повыше, чтобы ребенок мог рассматривать их, сидя на руках у родителей. Для сравнения вспомните те же мобили, которые укрепляют над кроватками в западных странах». Учитывая соотношение результатов международных тестов для Китая и Южной Кореи, это как раз могло бы иметь значение, но существенны ли в действительности именно эти различия?

Что касается Финляндии, то тут автор более конкретен и указывает на малую нагрузку учителей, на их весьма серьезную подготовку, тщательный контроль на начальном этапе их карьеры и отсутствие контроля в дальнейшем, на постоянное централизованное повышение квалификации. Понятно, что ничего из этого нельзя сделать без весьма серьезных затрат — это «политические изменения». Вдобавок для подобных изменений нужно изменить отношение людей и, стало быть, общества к профессии педагога.

Также удалось найти два обстоятельных обзора — по финской и по сингапурской школе. Из первого источника мы узнаем о весьма тщательной и всеобъемлющей поддержке школ государством (слабые школы получают большую поддержку), о многоступенчатой системе отбора педагогов и о высоком их статусе, о том, что при обучении детей в одном классе — учеб-

ные планы индивидуальны, и со слабыми берутся специальные учителя. Упоминается «групповое обучение», при котором учитель взаимодействует не с индивидом, а с группой. Это формально противоречит индивидуальности планов и т. п., поэтому важно, как именно (на каких предметах, в каких классах, в какой мере) это применяется. Заметим, что групповое обучение — сомнительный прием, потому что, воспитывая умение работать в команде (это плюс), оно позволяет маскировать слабые успехи отстающих (это минус, особенно важный при определенной ментальности). Упоминается также объединение родственных предметов (физика-химия, биология-география), что является, по-видимому, распространенным педагогическим веянием, однако на практике ведет к падению уровня естественно-научного образования.

Удовольствие от чтения отравляется попытками мысленно примерить на себя; причем добросовестный автор с самого начала предупреждает, что реформы в Финляндии разворачивались на благоприятном фоне и далее называет характеристики этого фона:

- уверенность финнов в том, что образование существенно влияет на развитие общества, высокая ценность чтения;
- характерные черты финнов — трудолюбие, честность, ответственность, предпочтение функциональности, а не показной роскоши («часы за 5 и за 500 евро показывают время одинаково»);
- низкая дифференциация по уровню доходов населения;
- взаимное доверие общества, государства, местной исполнительной власти, родителей, учителей;
- центральные власти практически не вмешиваются в повседневную жизнь школ;
- признание ценности профессионализма учителей и директоров.

Далее автор называет некоторые конкретные особенности работы образовательной системы Финляндии, а именно:

- многие из финских концепций были заимствованы у других стран, часто из Великобритании, Канады и США;
- использование исследовательской работы как одной из ключевых составляющих подготовки учителей;
- назначение на руководящие должности в системе образования самих учителей;
- высокие зарплаты учителей, существенно увеличивающиеся в ходе карьеры;
- финские учителя имеют возможность свободно применять свои профессиональные знания в школах, они сами ведают учебными программами, оценивают достижения учащихся и совершенствуют школы;
- финская образовательная система старается уменьшить роль соревнования, тестов, рейтингов, баллов и т. п., принято говорить не о подотчетности, а об ответственности;
- традиционное сотрудничество школ с библиотеками, музеями и образовательными центрами.

При внимательном чтении этой книги становится ясно, что радужная картина финской школы с полным доверием, без контроля, школы для всех и т. п., которую рисуют авторы некоторых статей, приукрашена. Например, иногда пишут, что экзаменов в финских школах нет, контрольные и промежуточные тесты — на усмотрение учителя, существует только один обязательный стандартный тест по окончании средней общеобразовательной школы, причем учителя не пекутся о его результатах, ни перед кем за него не отчитываются и детей специально не готовят. На самом деле и контроль есть, и экзамены, и отчисление.

Обзор, посвященный сингапурской школе, подробно повествует об интересной истории самого Сингапура и об эволюции — на этом фоне — образования. Уделено серьезное внимание проблемам и тому, как они преодолевались: например, гибкость системы со временем нарастала. Финской установки на «равенство» никогда не было, на определенном этапе уделялось большое внимание подъему престижности среднего специ-

ального образования. Как и в Финляндии, в школах на занятиях применяется и групповая технология. Как и в Финляндии, существует сложная и эффективная система подготовки учителей с серьезным контролем, но впоследствии зарплата серьезно зависит не от стадии карьеры, а от качества работы (это, вообще говоря, неожиданно — такого скорее можно было бы ожидать от европейских систем).

Основные черты, характерные для сингапурского школьного образования, автор суммирует так:

- Сингапур находился в уникальной ситуации: в стране не было универсальной образовательной системы, поэтому была возможность с нуля сконструировать систему образования, которая отвечала бы нуждам даже не национальной, а мировой экономики, для этого привлекали лучших мировых экспертов;

- Сингапуром удобно управлять — небольшая по размеру, с высокой, но равномерной плотностью населения, с удобным географическим положением, эта страна — идеальное поле для новаций;

- принятие английского языка в качестве основного языка преподавания в школах и языка межнационального общения оказалось дальновидным шагом, были использованы лучшие англосаксонские практики преподавания и мировой интеллектуальный капитал;

- Сингапур после обретения независимости избежал серьезных конфликтов, сложилась устойчивая и динамичная система, которая эффективно функционирует с минимальными издержками; видя наглядные успехи реформирования образования, население доверяет государству, благожелательно воспринимает предлагаемые нововведения и надеется на удачи в будущем;

- правительству удалось создать имидж образовательной системы как инновационной и престижной сферы, в которой интересно работать и комфортно учиться, развитие образования стало национальным проектом, в который вовлечены все граждане, правительство оказывает ему максимальную поддержку, повышая его ценность в глазах населения;

- конкурентная идеология и желание быть лучшими превагируют в системе образования Сингапура (вместе с целью «быть успешным», которая ставится массовой культурой перед каждым сингапурцем), разработаны понятные критерии успешности, прозрачные и ясные способы ее достижения;

- сингапурская гражданственность изначально основана на конфуцианских идеях патернализма, подчинения, прилежания и дисциплины.

Что можно сделать

Самое полезное, что хотелось найти, — это отличия успешных стран (Эстония, Польша) от их соседей по ментальности и региону, однако таких данных не нашлось. На интуитивном уровне кажется, что северо- и центральноевропейские страны по ментальности дальше от РФ, еще дальше — Америка и совсем на другой стороне земного шара — Дальний Восток. Но в любом случае изменения нужно делать осторожно, малыми шагами, с тщательным изучением последствий и — что важно и ново для нас — в обратном режиме. Вот эти принципиально возможные новации:

- существенную часть управления образованием попробовать передать в регионы, местная власть лучше знает и местные условия, и местные возможности; однако интерес задействовать эти возможности возникнет только вместе с передачей прав;

- в частности, вопросы профилизации, взаимодействия с системой среднего специального образования, поощрения контактов с промышленностью, бизнесом и вузами должны быть прерогативой местных властей;

- система экзаменов должна устанавливаться школами региона совместно с вузами и с производством как «потреби-



ОБРАЗОВАНИЕ

телями» школьников; при этом она может включать и какие-то элементы ЕГЭ, и традиционные выпускные экзамены в школе, а при приеме на работу и в вуз могут учитываться и аттестат, и экзамены в самом вузе, и даже олимпиады — потребитель лучше знает, что ему нужно;

- допускается участие в финансировании школ производства, бизнеса и вузов, включая стипендии школьникам; соответственно в этом случае должно расширяться участие донаторов в управлении образованием;

- возможно расширение участия родителей в практической деятельности школ, увязанное с расширением права управления школой;

- систему подготовки учителей нужно понемногу менять, причем одновременно должны идти улучшение подготовки, увеличение требований при поступлении в педвуз, увеличение самостоятельности в дальнейшем и повышения зарплат (увязанных как с результатами, так и со стажем).

Несмотря на очевидные проблемы, сама идея заимствования из зарубежных образовательных систем, может быть, и не безнадежна, если учесть, что две весьма успешные образовательные системы, финская и сингапурская, создавались, как мы видим, с изучением опыта многих стран и с существенными заимствованиями. Правда, желание и умение заимствовать — тоже часть ментальности.

В заключение отметим, что идея вносить какие-либо изменения в любую систему без ясного представления о том, какой эффект мы хотим получить, без прописанной процедуры контроля параметров и понимания, в каком случае изменения будут приниматься или отклоняться, — такая идея вызовет у любого нормального инженера изумление и сомнение в адекватности «новатора». Между тем с российской образовательной системой систематически проделывается именно это.

Достигнутое в результате состояние российского образования — закономерное следствие деятельности «новаторов» и не должно вызывать у нас удивления. Исправлять ситуацию (если мы собираемся этим заниматься) следует осторожно, продуманно, с обязательным предварительным определением критерия оценки достигнутого результата и при наличии плана действий на случай того или иного результата.

Литература

А.Н.Джуринский. Сравнительное образование. Вызовы XXI века. М.: Прометей, 2014.

Кристина Гросс-Ло. Родители без границ. Секреты воспитания со всего мира М.: Синдбад, 2014.

Паси Сальберг. Финские уроки. История успеха реформ школьного образования в Финляндии. М.: Классика-XXI, Арт-транзит, 2015.

Т.Б.Алишев, А.Х.Гильмутдинов. Опыт Сингапура: создание образовательной системы мирового уровня. «Вопросы образования». 2010. № 4. С. 227–246.

Аутисты интересуются другими людьми

При расстройствах аутистического спектра пациенты с трудом устанавливают и поддерживают отношения с другими людьми. Кажется, что неодушевленные предметы занимают их куда больше, чем люди. Но, возможно, специалисты ошибаются.

Комната без людей

Расстройства аутистического спектра (РАС) вызваны нарушениями в раннем развитии мозга, которые мы сейчас обсуждать не будем. Многие исследователи полагают, что главную роль в этих расстройствах играет недостаток социальной мотивации. Социальная мотивация — великая сила, направляющая поведение человека; эволюционная адаптация, которая определяет успех существования особи в сообществе себе подобных. Она подвигает людей к сотрудничеству, которое само по себе служит наградой за труд и вызывает удовлетворение. У тех, кто дружно поработал, отличное настроение. Без сотрудничества нам никак, и социальное поведение проявляется уже в раннем детстве, а повзрослев, люди своим обликом и манерами демонстрируют готовность к совместной деятельности. Она стараются быть или по крайней мере казаться компетентными, физически привлекательными, приятными в обще-

нии. Даже дошкольники стремятся показать себя с лучшей стороны.

Успешное сотрудничество невозможно без понимания желаний и намерений другого человека. Самый сильный невербальный сигнал, исходящий от партнера, — это его прямой взгляд. И человеку присуще врожденное внимание к лицам и особенно к выражению глаз. У пациентов с РАС социальная мотивация нарушена, информация о других людях и контакты с ними их не интересуют. Ребенок редко откликается на имя, избегает чужих взглядов и сам в глаза не смотрит. Когда таким детям или подросткам показывают фотографии и клипы, их внимание почти не привлекают люди и лица. А если их просят посмотреть на изображения лиц, меньше всего времени они тратят на разглядывание глаз. Это явное отсутствие интереса — один из диагностических критериев РАС. Однако нас не только диагноз интересует, нам нужно наладить с ними контакт. И если мы хотим понять, чем интересуются аутисты, на что они смотрят, а на что не смотрят, не проще ли дать им фотоаппарат и попросить самим снимать то, что нравится?

Именно так поступила группа исследователей из Соединенных Штатов и Сингапура под руководством профессора Калифорнийского технологическо-

го института Ральфа Адольфса. Ученые дали пациентам с РАС цифровые камеры и отправили фотографировать, а затем изучили сделанные снимки («Current Biology», 2016, 26, R909—R910, doi: 0.1016/j.cub.2016.08.055). Статья называлась «Раскрывая мир аутизма через объектив камеры». Мир оказался не совсем таким, каким его ожидали увидеть психологи.

В исследовании приняли участие 16 человек с диагнозом РАС, в том числе 12 мужчин, в состав контрольной группы вошел 21 доброволец, из них 18 мужчин, в семейной истории которых не было случаев аутизма. Всем испытуемым было около 30 лет, они обладали сходными значениями IQ (в среднем 111,6).

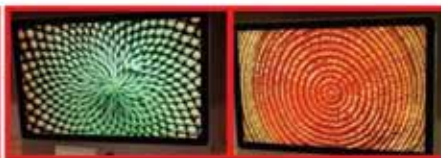
Участники эксперимента сделали три серии фотографий. В первой они могли снимать в лаборатории (в комнатах, коридоре и подвале), в том числе фотографировать людей. Испытуемых просили снимать преимущественно одну из исследовательниц и мужчину — сотрудника лаборатории, который в этой работе не участвовал, но согласился отвлекаться от своих занятий и позировать фотоаппарату. Вторая сессия

Фотографии, сделанные людьми с расстройствами аутистического спектра, имеют особенности, которые специалисты замечают безошибочно

Повторяющиеся объекты



Геометрические узоры



Невыразительные позы



Фрагменты лица или фигуры



Фрагментарное изображение предметов



Нечеткие фотографии



Наклонные изображения



Странный ракурс



включала съемки в лаборатории, но без людей. В третьей нужно было фотографировать вне помещения. В распоряжение участников предоставили всю территорию кампуса, но большинство не отходили далеко от здания, в котором расположена лаборатория.

Испытуемые могли сделать сколько угодно фотографий, но не менее десяти, неудавшиеся удалить (этим правом они практически не пользовались), понравившиеся забрать домой. Во времени фотографов не ограничивали.

На улице участники обеих групп сделали примерно одинаковое количество фотографий, 11—12. По композиции они тоже практически не различаются, только у пациентов с РАС снимки худшего качества: более размытые или наклонные (см. фотографии).

Такие же недостатки имеют и снимки, сделанные участниками с РАС в лаборатории без людей. На их фотографиях объекты чаще изображены нечетко, с наклоном или фрагментарно. Пациентов привлекают геометрические узоры и определенные предметы, которые они фотографируют неоднократно, повторов у них более 11%, а у членов контрольной группы около 5%. Такая разница совпадает с известными данными о том, что для людей с РАС характерны повторяющееся поведение и повышенный интерес к определенным объектам. У них также больше фотографий, на которых предметы изображены частично, — возможно, из-за проблем с целостным восприятием.

По этим признакам независимые эксперты, знакомые с клиническими проявлениями РАС и методами их диагностики, уверенно отличали серии фотографий, сделанные аутистами в лаборатории, от снимков, которые нащелкали в тех же помещениях члены контрольной группы. Фотографии, сделанные на улице, даже специалисты различить не смогли.

Люди в комнате

Самые интересные и неожиданные наблюдения исследователи сделали, анализируя фотографии людей. На улице испытуемые с РАС людьми интересовались мало. Только 16 фотографий из 481, сделанной вне помещения, запечатлели людей, и лишь в пяти случаях человек находится на переднем плане. Зато в лаборатории они фотографировали людей чаще, чем контрольная группа, в среднем по 16 снимков по сравнению с 10 в контрольной группе. Кроме того, на одну фотографию человека они тратили примерно вдвое больше времени, чем здоровые добровольцы. На некоторые

снимки могло уйти более 20 минут, хотя были случаи, когда людей щелкали за несколько секунд.

Третье отличие заключалось в том, что участники с РАС фотографировали людей более крупным планом. Исследователи не утверждают, что при этом фотографии действительно подходили ближе, нарушая личное пространство объекта съемки, поскольку они могли пользоваться увеличением камеры.

Несмотря на значительное количество снимков, запечатлевших других людей, на большинстве фотографий они не смотрят в объектив или лиц вообще не видно, хотя по условиям эксперимента их можно было окликать, отвлекать, просить попозировать. Как правило, лица и позы людей, запечатленных на этих фотографиях, ничего не выражают. Как и в случаях с предметами, среди фотографий часто встречаются фрагментарные изображения лица и фигуры, многие снимки сделаны в странном ракурсе (см. фотографии).

Исследователи попросили тринадцать пациентов с РАС сделать свои автопортреты. Себя испытуемые фотографировали так же долго, как и других людей. На автопортретах лица располагались в центре кадра, смотрели прямо в объектив и были выразительны. Видимо, участники эксперимента знают, как должен выглядеть портрет, а когда они фотографировали других, социальный барьер мешал им попросить людей позировать.

Эксперты-клиницисты различают портреты, сделанные участниками с РАС и здоровыми людьми. Им также показали автопортреты тех участников, с которыми эксперты не были знакомы; клиницисты и тут не ошиблись.

В то время как специалисты могут сказать, какие фотографии предметов и людей сделаны испытуемыми с РАС, а какие — здоровыми участниками, людям, которые не имели дела с аутистами, такие тонкости недоступны. Исследователи разместили на специальном сайте 150 снимков людей и предметов и получили 223 оценки. Никто не мог определить, какие серии фотографий сделаны здоровыми людьми, а какие — нет.

Фотографии аутистов отличаются размытостью и плохой композицией. Поскольку с портретами людей они возились долго, нет оснований предполагать, что испытуемые просто халатно отнеслись к заданию и кое-как нащелкали несколько снимков. Возможно, дело в умении фотографировать. В обеих группах были люди, никогда прежде не снимавшие на цифровую камеру, имевшие такой опыт и даже бывшие уроки фотографии. Однако анализ показал, что результаты съемки не зависят



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

от их фотографического опыта. Чтобы окончательно в этом убедиться, ученые попросили испытуемых поснимать на смартфон. Они сделали такие же серии фотографий, и результат получился сходный: у пациентов с РАС больше размытых и наклонных снимков.

Нескольких испытуемых с РАС попросили оценить фото других участников по пятибалльной шкале. Средний балл фотографий в обеих группах примерно одинаков и невысок, немного выше трех. Однако опрошенные предпочитали портреты, сделанные контрольной группой, а фотографии без людей — участниками из своей группы. Хотя пациенты с РАС делают много размытых фотографий, им самим такие снимки не нравятся. А вот ровные и наклонные фотографии они оценивают одинаково.

По мнению ученых, размытые, наклонные и плохо центрованные фотографии могут отражать сложность пациентов с общим и целостным восприятием. Однако окончательные выводы делать рано, поскольку в исследованиях участвовало слишком мало людей и эксперименты надо повторять с большим количеством испытуемых. В идеале ученым хотелось бы иметь возможность диагностировать по фотографиям, каким именно расстройством аутистического спектра страдает пациент.

Самое удивительное, что пациенты с РАС сделали так много фотографий других людей, которыми, как принято считать, они не интересуются, причем долго возились с каждым снимком. Очевидно, люди их все-таки привлекают.

Ученые убеждены, что фотографии, сделанные аутистами, имеют важное коммуникативное значение. Они показывают нам, что нравится пациентам с РАС, что не нравится, что они предпочитают фотографировать, как воспринимают этот мир и пытаются с помощью фотографии донести это восприятие до нас. Не исключено, что фотографии позволят помочь больным, а анализ запечатленных на них объектов станет дополнительным методом диагностики.

Н.Л.Резник

Нам бактерии приносят бутират и ацетат



Кандидат биологических наук
Н.Л.Резник

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Это только в рекламе кишечные бактерии неизменно доброжелательны и заботливы. А на самом деле их метаболиты могут причинить своему хозяину ощутимый вред, например, вынудить его больше есть или подавить размножение стволовых клеток кишечника.

Клетки в окопах

Внутренняя поверхность кишечника, его слизистая оболочка не гладкая, это сложный рельеф из выростов (ворсинок) и углублений — либеркуновых крипт (рис. 1). Количество крипт, крошечных трубочек длиной 0,25—0,5 мм и диаметром до 0,07 мм, достигает 80—100 на 1 мм². Названы они в честь немецкого анатома Иоганна Натаниеля Либеркюна, описавшего крипты в 1754 году. Правда, он был четвертым, кто это сделал, первенство принадлежит итальянскому врачу и биологу Марчелло Мальпиги (1628—1694), открывшему множество других структур, значительная часть которых получила его имя.

Хотя крипты известны почти 300 лет, ученые не вполне понимают, для чего они нужны. Известно, что в криптах находятся секретирующие клетки и стволовые клетки кишечного эпителия, но зачем все это прятать в ямки? В 1970-х годах возникло предположение, что крипты защищают стволовые клетки от повреждающих факторов, которые могут находиться в просвете кишечника: инвазивных, то есть проникающих в клетку, микроорганизмов и генотоксичных соединений. Однако проверили и подтвердили эту гипотезу совсем недавно. Специалисты Медицинской школы Университета Вашингтона под руководством профессора Тадеуша Степпенбека доказали, что крипты действительно защищают стволовые клетки. Опасаться им следует бутирата, который в больших количествах синтезируют кишечные бактерии («Cell», 2016, 165, 1—13, doi: 10.1016/j.cell.2016.05.018).

Итак, эпителий кишечника. Его клетки выстилают ворсинки, всасывают питательные вещества и выполняют некоторые другие функции. Эпителий

постоянно обновляется благодаря делению стволовых и прогениторных клеток, расположенных на дне крипт. (Прогениторными называют клетки, которые еще не дифференцировались, но уже сделали первые шаги в определенном направлении.) Деление клеток, направление их дифференцировки и даже количество крипт находятся под генетическим контролем. Однако, помимо генов, на многие аспекты жизни хозяина — обмен веществ, иммунитет, развитие нервной системы и кровеносных сосудов — влияют бактерии, живущие в просвете его кишечника. У человека их примерно 100 триллионов. Известно также, что микробиота помогает кишечному эпителию восстанавливаться после повреждений, вызванных иммунными расстройствами. Осталось только выяснить, взаимодействуют ли микробные метаболиты со стволовыми клетками кишечника, и если да, то как.

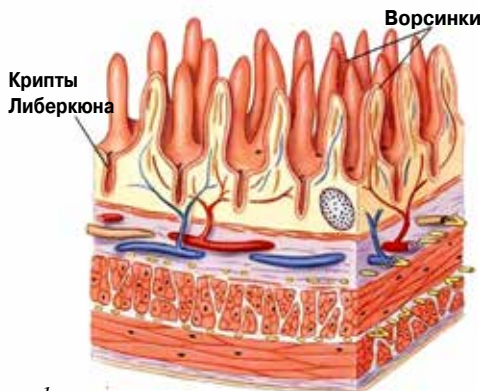
Исследователи составили список из 92 молекул — продуктов метаболизма бактерий, населяющих кишечник обычных мышей. Действие этих молекул проверили на первичной культуре эпителия ободочной кишки. Культура содержит разные типы клеток, в том числе и стволовые. Скрининг позволил выделить восемь молекул, подавляющих клеточное деление в условиях, благоприятных для роста стволовых и прогениторных клеток. Самым сильнодействующим веществом оказался бутират — анион

масляной кислоты; в концентрации 1 мМ он замедляет пролиферацию стволовых клеток, а при концентрациях 3—10 мМ его действие становится необратимым и может привести к апоптозу.

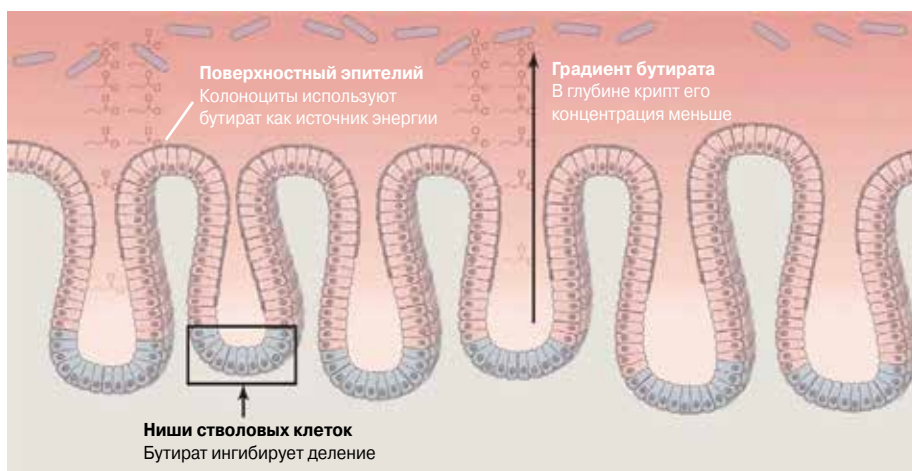
Бутират — продукт бактериальной ферментации пищевых волокон, один из наиболее распространенных микробных метаболитов, обнаруженных в кишечнике млекопитающих. В основном его синтезируют представители родов *Clostridium*, *Eubacterium* и *Butyrivibrio*. Его концентрация составляет около 5 мМ у мыши и примерно 70 мМ у человека. В таком количестве бутират должен побуждать все стволовые клетки и лишит кишечник эпителия. Однако не будем забывать, что настоящая слизистая оболочка кишечника, в отличие от клеточной культуры, рельефна. Исследователи предположили, что стволовые клетки спасаются от бутирата, как в норках, в глубине крипт. Но как это проверить?

Если стволовые клетки действительно находятся под защитой крипт, изменения концентрации бутирата в просвете кишечника не повлияют на их пролиферацию. Содержание бутирата можно уменьшить, заморив бактерии антибиотиками, или увеличить, делая мышам бутиратовые клизмочки. Биопсия, взятая после четырех дней воздействия, показала, что эпителиальные клетки прекрасно делятся вне зависимости от концентрации бутирата. Для сравнения ученые использовали рыбку данио, у которой кишечный эпителий обновляется очень быстро, а крипт нет. Правда, бактерий, синтезирующих бутират, нет тоже, и в рыбьем организме он не образуется. После того как личинок данио обрабатывали раствором бутирата, пролиферация клеток кишечника резко замедлялась. Ученые предположили, что это результат отсутствия крипт — стволовые клетки на поверхности кишечного эпителия оказались беззащитны. Контрольная обработка в растворе хлорида натрия на клеточное деление не влияла.

Как еще доказать, что крипты ограничивают доступ бутирата к стволовым клеткам? Исследователи вызвали у мышей язву кишечника, обработав его



1
Поверхность кишечника — ворсинки и крипты Либеркюна



2
Стволовые клетки защищены от вредного действия бутирата естественным градиентом концентрации и активной деятельностью клеток эпителия, которые используют бутират в качестве источника энергии

декстран-сульфатом. В местах действия реактива слизистая оболочка нарушена, крипты повреждены, стволовые клетки лишены защиты, и язва заживает медленно. Если ввести мышам-язвенникам антибиотик метонидазол, убивающий бактерии, которые производят бутират, язва затягиваться быстрее. Если мышам, получившим антибиотик, сделать клизму с бутиратом, заживление язвы замедлится даже в отсутствие бактерий.

Будем считать защитную роль крипт доказанной и зададим следующий вопрос: а почему, собственно, бутират не попадает в эти норки? Отчасти благодаря естественному градиенту концентрации, которая из-за диффузии меньше на дне крипты, чем в просвете кишечника. Кроме того, важную роль играют дифференцированные клетки эпителия, выстилающие поверхность кишечника. Эпителиальные клетки толстой кишки, которая, кстати, заселена микроорганизмами плотнее, чем любой другой орган, называются колоноцитами. Колоноциты сменяются быстро, раз в три-четыре дня, и занимают огромную площадь. Им требуется много энергии, а глюкозы там, где они находятся, уже мало, поэтому в качестве источника энергии колоноциты используют бутират. Впервые этот факт установили несколько лет назад сотрудники университета Северной Каролины («Cell Metabolism», 2011, 13, 517–526, doi: 10.1016/j.cmet.2011.02.018), теперь о нем вспомнили Тадеуш Степпенбек с коллегами. Сначала они поработали с клеточными культурами и убедились, что стволовые клетки бутират не окисляют, а колоноциты активно поглощают его из питательной среды. Если бутират присутствует в среде в концентрации, в два раза замедляющей деление стволовых клеток, колоноцитам достаточно потребить всего 30% вещества, чтобы

восстановить нормальную скорость пролиферации. Никакого вреда бутират колоноцитам не причиняет.

От клеточных культур перешли к мышам. Когда животным ввели в кишечник бутират, помеченный изотопом углерода ^{13}C , большая часть метки сконцентрировалась в колоноцитах на вершине крипт. Для усвоения бутирата необходим фермент ацил-КоА-дегидрогеназа. У мутантных мышей, лишенных этого фермента, зона деления стволовых и прогениторных клеток существенно меньше, чем у животных дикого типа. Добавление экзогенного бутирата усугубляет ситуацию. И язвы слизистой кишечника у таких мышей хуже зарастают.

Следовательно, колоноциты, как стражники на воротах, охраняют входы в крипты и не пропускают бутират внутрь, к стволовым клеткам (рис. 2).

Оказалось, что бутират блокирует пролиферацию, усиливая активность транскрипционного фактора Foxo3. Этот фактор работает в стволовых и прогениторных клетках и регулирует их деление. Активированный Foxo3 связывается с промоторами нескольких генов, подавляющих деление, их экспрессия возрастает, пролиферация замедляется. Стволовые клетки мутантных мышей, лишенных Foxo3, менее чувствительны к уровню бутирата в просвете кишечника.

Исследователи отмечают, что бутират оказался мощнейшим ингибитором пролиферации стволовых и прогениторных клеток. Его кратковременное действие не страшно и обратимо, долговременное может привести к серьезным последствиям. Однако в этом есть глубокий смысл. При поврежденных колоноцитах, в случае язвы, например, бутират заблокирует деление стволовых клеток и не позволит им вступить в прямой контакт с генотоксичными соединениями, которые могут находиться в просвете кишечника. Если бы активно делящиеся прогениторные клетки устремились из мелкой, поврежденной крипты навстречу мутагенам, вероятность развития злокачественной опухоли была бы достаточно высокой.

Комментируя эту работу, доктор Хьюго Снипперт, молекулярный биолог Медицинского центра Утрехтского университета, подчеркивает, что взаимодействие микробиоты и хозяина в данном случае налажено благодаря сложной архитектуре слизистой оболочки кишечника («Cell», 2016, 165, 1564–1566, doi: 10.1016/j.cell.2016.06.003). Колоноцитам, которые находятся в постоянном контакте с бутиратом, он необходим, для стволовых клеток губителен, и они прячутся в крипты. Существует даже теория, согласно которой метаболиты кишечных симбионтов играют важную роль в эволюции хозяев. Однако влияние микробиоты на эволюцию крипт доказать пока сложно. Например, желудок и двенадцатиперстная кишка также держат свои стволовые клетки в криптах, но плотность микроорганизмов там куда меньше, чем в толстом кишечнике. Возможно, крипты защищают стволовые клетки и от других веществ и патогенов, не только от бутирата. Разные типы отбора могли привести к сходному результату, многие эволюционные задачи имеют сходное решение, и структура кишечного эпителия могла сформироваться под влиянием многих факторов.

Как бы то ни было, симбиоз между кишечным эпителием и его микробиотой куда сложнее, чем простое двустороннее взаимодействие. И конечно, он еще сложнее, чем описано в статье, посвященной лишь одному аспекту их отношений.

Интересно, что другие короткоцепочечные жирные кислоты, которые образуются в результате микробной ферментации, ацетаты и пропионаты, не влияют на деление стволовых клеток кишечника и колоноциты их не потребляют. Отсюда, однако, не следует, что эти вещества безобидны. Ацетат, например, представляет серьезную проблему, и защиты от него, в отличие от бутирата, нет.

Как микробы помогают растолстеть

Микробный ацетат способствует развитию метаболического синдрома. Механизм его действия установили специалисты Медицинской школы Йельского университета (США) и Колумбийского университета под руководством профессора Джеральда Шульмана, который трудится в обоих научных центрах («Nature», 2016, 534, 213–227, doi:10.1038/nature18309).

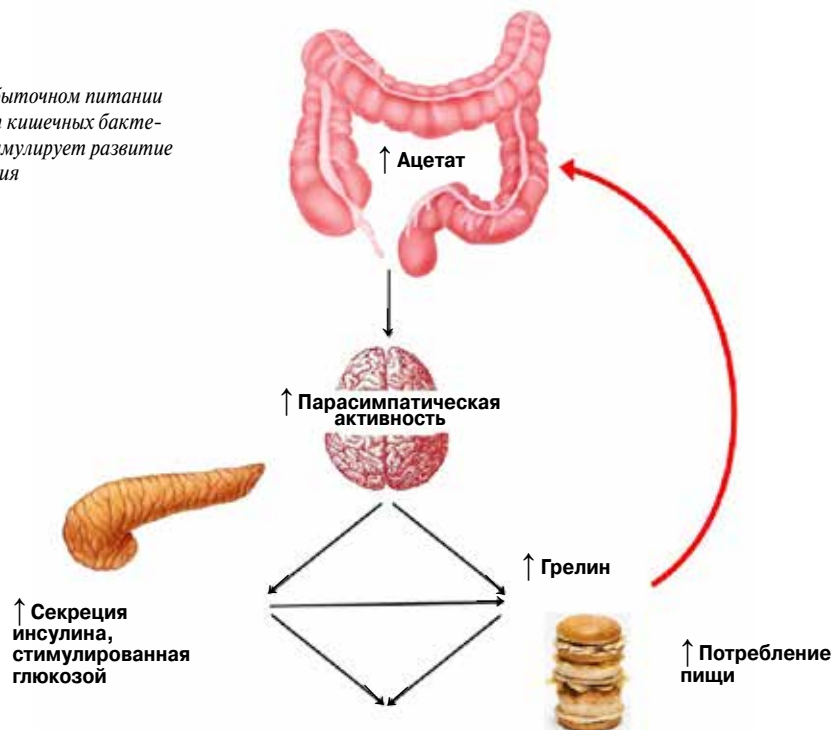
Ученых подвигли на это исследование известные данные о том, что при перекармливании, ожирении и метаболическом синдроме изменяется состав кишечной микрофлоры и возрастают концентрация микробных ацетата, пропионата и

бутирата. Но при этом неясно было, действительно ли эти кислоты влияют на ожирение или только ему сопутствуют, а если влияют, то каков механизм их действия. А если узнать механизм, можно воздействовать на процесс. Джеральд Шульман и его коллеги работали с самцами крыс, устойчивыми к инсулину и склонными к ожирению, и обнаружили, что при потреблении жирной пищи в плазме крови и фекалиях животных возрастают скорость образования и концентрация ацетата, но не пропионата с бутиратом. После трехдневного содержания на жирной диете уровень ацетата в плазме возрастает раза в полтора, четырехнедельная диета увеличивает его концентрацию в три раза. Ученые доказали, что этот ацетат имеет микробное происхождение. Для этого они использовали разные способы, все мы перечислять не будем, самыми гуманными и эстетичными были промывание кишечника солевым раствором и обработка антибиотиками. Каждая из антимикробных мер снижала продукцию ацетата на 75—95%.

Любая съеденная пища стимулирует секрецию инсулина, который регулирует распределение глюкозы по клеткам. Если дать крысе углеводную гранулу, уровень глюкозы в ее крови возрастет и бета-клетки поджелудочной железы выделят соответствующее количество инсулина. У животных, получавших жирную пищу, секреция инсулина в несколько раз выше, чем в контроле. Синтез инсулина можно нормализовать, если пролечить крыс антибиотиками. Прием антимикробных препаратов снижает секрецию инсулина в ответ на глюкозу на 70%. А если животным, получавшим обычный корм, ввести ацетат в артерии, синтез инсулина будет столь же высок, как при жирной диете.

Итак, микробный ацетат вызывает усиленную секрецию инсулина. Однако бета-клетки поджелудочной железы он не стимулирует: при взаимодействии с ацетатом их биохимическая активность остается неизменной или даже слабеет. Известно, что секреторную деятельность бета-клеток регулирует парасимпатическая нервная система, в частности блуждающий нерв, поэтому естественно было предположить, что ацетат каким-то образом воздействует на него. Маркером парасимпатической активности служит концентрация гастрина в плазме. Гастрин — гормон желудка и поджелудочной железы, его секреция возрастает в ответ на стимуляцию желудка блуждающим нервом. Если ввести в крысиные артерии ацетат, концентрация гастрина увеличивается в три раза, и это еще один повод обратить внимание на блуждающий нерв. (О его взаимодействии с кишечной микробиотой мы уже писали, см. «Химию и жизнь», 2012, 6.)

3
При избыточном питании ацетат кишечных бактерий стимулирует развитие ожирения



Для стимуляции парасимпатической нервной системы ацетат должен попасть в мозг, и ученые доказали, что из крови он туда действительно проникает. Чтобы убедиться, что ацетат именно оттуда командует парасимпатической системой, его ввели непосредственно в мозг в такой же концентрации, в какой он, согласно расчетам, должен поступать в этот орган из плазмы крови. В результате инсулиновый ответ на глюкозу стал в три раза сильнее. Следовательно, ацетат действительно влияет на синтез инсулина через центральную нервную систему.

Желая убедиться, что ответ на ацетатный сигнал проходит из мозга именно по блуждающему нерву, исследователи его перерезали. Эта процедура называется ваготомией. У ваготомированных крыс введение ацетата вызвало примерно четырехкратное сокращение концентрации инсулина в плазме по сравнению с контролем. Значит, ученые оказались правы. Они приводят множество других доказательств, мы их здесь опустим, не будем утомлять читателя.

Теперь, когда исследователи выяснили механизм действия ацетата, им осталось убедиться, что он действительно вызывает ожирение. Для этого крысам в течение десяти дней вводили в желудок ацетат. Кормили животных обычным кормом, но ацетат создавал иллюзию микробного расщепления избытка жиров. Крысы при таком режиме усиленно секретируют инсулин, содержание гастрина в плазме возрастало в пять раз. Животные съедали за день вдвое больше, чем контрольные, и, в отличие от них, прибавили в весе процентов на десять. Возможно, этот эффект отчасти связан с трехкратным

увеличением концентрации грелина в плазме. (Грелин — гормон, вызывающий чувство голода.) Ваготомия сводит на нет действие ацетата.

Кольцо доказательств наконец замкнулось (рис. 3). Кишечные бактерии жирно едящих крыс активно синтезируют ацетат, который попадает в мозг и активирует парасимпатическую систему, что вызывает усиленную секрецию инсулина и грелина. Возникает порочный круг: чем больше инсулина выделяется, тем быстрее клетки усваивают всю глюкозу, ее концентрация в плазме падает, выделяется грелин и тело хочет есть. Если речь идет о кратком переедании, ситуация быстро придет в норму, но, когда она становится хронической, избыток поглощенных жиров откладывается в печени и скелетных мышцах, они приобретают устойчивость к инсулину, а там рукой подать до ожирения и метаболического синдрома.

Как водится, в конце работы исследователи пишут, что для изучения всех возможных физиологических эффектов ацетата и других микробных метаболитов необходимы дальнейшие исследования. А уже обнаруженный механизм — усиленная продукция ацетатов под влиянием жирной пищи и последующая активация парасимпатической нервной системы — может послужить мишенью для лечения ожирения.

Но если ацетат действительно так действует, то как быть любителям маринадов и приверженцам оздоровления яблочным уксусом?



Летнее время коал

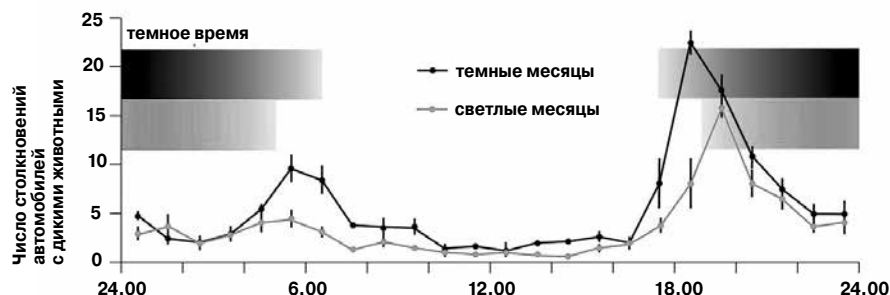
Ав Австралии сейчас лето. В некоторых штатах переходят на летнее время, которое длится с первого воскресенья октября до первого воскресенья апреля; в Квинсленде, Западной Австралии и на Северной территории стрелки не переводят. С точки зрения энергосбережения польза от летнего времени сомнительна, и здоровью оно вредит (см. «Химия и жизнь» 2011, 4; 2013, 1). Однако за введение летнего времени в Квинсленде ратуют защитники дикой природы: они уверены, что эта мера поможет сохранить численность здешних коал («Biology Letters», 2016, 12, 20160632, doi: 10.1098/rsbl.2016.0632).

Коалы *Phascolarctos cinereus* только днем висят на деревьях, как меховые мешочки. С наступлением сумерек они оживают, слезают с деревьев, на которых отдыхали, и отправляются кормиться на другие деревья. Так они колобродят всю ночь до утра. Перебираясь от дерева к дереву, коалы движутся и вдоль дорог (в Австралии почти все леса прорезаны дорогами), время от времени их пересекают и попадают под машину.

На юге Квинсленда под колесами ежегодно гибнет более 300 коал, и это одна из основных причин катастрофического сокращения популяции в том районе. С 1998 года ее численность уменьшилась на 80%. Большинство наездов происходит в темноте или в сумерках. Австралийские исследователи под руководством доктора Робби Уилсона из Квинслендского университета предположили, что переход на летнее время позволил бы сократить число диких животных, сбитых автомобилями.

Для проверки этой гипотезы ученые надели ошейники с GPS-передатчиками на 25 самцов и самок коал в двух районах на юго-востоке Квинсленда: Кумере и Редландсе. До недавнего времени Куме-

Количество диких животных, попавших под машину, в разное время суток в темные (апрель — сентябрь) и светлые (октябрь — март) месяцы



ра считалась раем для коал, теперь это чересполосица жилых кварталов, дорог и остатков растительности. Редландс также сильно урбанизирован. Передатчик сообщал о местонахождении сумчатого медведя каждые два часа в течение десяти месяцев. Позднее еще двух животных оснастили усовершенствованными передатчиками, посылавшими сигналы каждые четверть часа. Они позволяли установить положение коал с точностью до десяти метров. График их перемещений совместили с официальными данными об интенсивности движения на трех основных магистралях, пересекающих этот район.

На разных дорогах поток машин варьирует от 1600 до 3000 в час. По рабочим дням наблюдаются два пика интенсивности движения: в 7—8 часов утра и 15—17 дня, но до 18 часов машин еще очень много. По выходным автомобилисты активно разъезжают с 11 часов и до сумерек. Сумерки и темнота длятся зимой с 18 вечера до 7 утра, летом — примерно с 19 до 5 часов.

Начало вечерней активности коал совпадает с вечерним пиком дорожного движения по будним дням. За время наблюдений животные переходили дорогу 45 раз, причем 49% случаев произошло на 16—20 часов и 64% — на 18—4 часа. Это время опасно не только для коал. Исследователи подсчитали, что в 2014 году в Квинсленде произошло 1348 дорожных инцидентов с участием диких животных, приведших к повреждению автомобиля. Основная часть ДТП происходит в 17—18 часов в темные месяцы, с апреля по сентябрь, и в 18—19 часов в светлые, октябрь — март. В самый темный зимний

месяц количество столкновений вдвое больше, чем в разгар лета.

Американский опыт свидетельствует о том, что инструктаж водителей и предупреждающие дорожные знаки мало влияют на число столкновений с дикими оленями. Скорее всего, эти меры и коалам не помогут. В Австралии на некоторых участках дороги ограничивают скорость, но это не спасает сумчатых медведей. Австралийские ученые видят лишь один способ помочь коалам — разделить пики сумеречной активности животных и вечернего трафика. Поскольку коалы живут по солнцу, они свои биологические часы перестраивать не будут. Значит, придется людям перевести стрелки своих часов и перейти на летнее время. Исследователи подсчитали, что эта мера позволит выиграть один час у вечерних сумерек и сократить частоту ДТП с участием коал на 8% в будни и на 11% в выходные. По будням эффект от перевода часов будет несколько меньше из-за утреннего трафика: люди поедут на работу в то время, когда коалы еще не уйдут.

Ученые надеются, что результаты их работы вынудят правительство Квинсленда рассмотреть преимущества введения летнего времени. А если им не жалко коал, пусть хоть людей пожалеют. В сумерках под машину попадают и достаточно крупные животные: кенгуру, вомбаты, валлаби и эму. Столкновения с ними часто приводят к повреждению автомобиля и даже гибели людей. А энтузиасты летнего времени в России могут не беспокоиться. В субтропическом Квинсленде темнота зимой продолжается только на 3,3 часа дольше, чем летом, а в более высоких широтах, где летний день существенно дольше зимнего, смещение на час не принесет ощутимого результата. Между прочим, далеко не все дикие животные в сумерки устремляются на шоссе. Это зависит от их привычек и времени активности. Для каждого вида такие исследования надо проводить отдельно.

Н. Анина

Очерки комбустиологии: борьба с инфекцией

Кандидат медицинских наук

Т.Г.Руденко,

Первый Московский государственный медицинский университет им.И.М.Сеченова, Институт регенеративной медицины

Лечение ожога должно преследовать две основные задачи: общее лечение ожоговой болезни и местное лечение обожженной поверхности. В свою очередь для местного лечения есть тоже два пути: хирургический и консервативный. Консервативный — это один из тех немногих методов лечения, который пришел к нам из глубокой древности, но до сих пор широко используется наряду с куда более современными и прогрессивными хирургическими методами. К счастью, среди обожженных преобладают пациенты с поверхностными и ограниченными глубокими ожогами, при которых хирургическое вмешательство не требуется. А тем, кто залечивает раны после операций, также необходима местная терапия. Таким образом, в лечении ожогов преимущественное значение имеют именно консервативные методы.

Консервативный — значит нехирургический

В медицине понятие «консервативный» означает «охранительный», альтернативный хирургическому (агрессивному) методу, а вовсе не косный или враждебный каким-либо нововведениям. Иными словами, консервативное местное лечение ожогов — это лечение без операции, с помощью различных лекарственных средств, которые наносят на обожженную поверхность, чтобы создать условия для заживления ожоговых ран и восстановления целостности кожных покровов.

А как происходит это восстановление, т.е. заживление ожоговой (да и любой другой) раны? Схематически это выглядит так (рис. 1). Любое по-

вреждение, нарушающее целостность кожи и подлежащих тканей, влечет за собой развитие воспаления — лавинообразного каскада различных биохимических реакций и множества патогенетических механизмов, которые должны обеспечить регенерацию поврежденных или утраченных тканей.

В первые сутки после повреждения на поверхности раны образуется струп, а сам раневой дефект начинает постепенно заполняться грануляциями — молодой соединительной тканью, на которую с краев раны, сохранивших нормальную структуру кожи, начинает нарастать эпителий, постепенно закрывающий всю раневую поверхность. Это называется краевой эпителизацией. При ожогах источником эпителизации могут быть еще и клетки сохра-

нивших жизнеспособность придатков кожи (волосяных фолликулов, потовых и сальных желёз) в поле самого ожога — это островковая эпителизация.

Консервативное лечение защищает от внешней инфекции и подавляет рост бактерий в зоне поражения; удаляет нежизнеспособные ткани, если можно обойтись без хирургического вмешательства; позволяет сохранить жизнеспособные элементы кожи, стимулирует рост грануляций и эпителия.

Открытое и закрытое

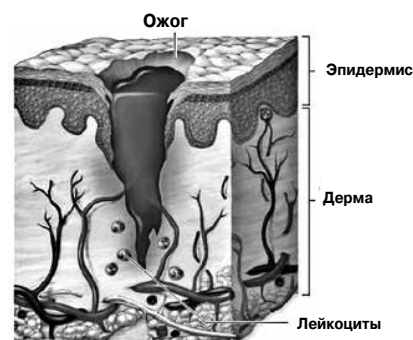
Консервативное лечение может быть закрытым (под повязками) и открытым (бесповязочным). Эти методы не противоречат друг другу и часто применяются последовательно или вместе. Как правило, лечение открытым способом проводят при распространенных (обширных) ожогах. При этом пациент находится в палате с управляемой стерильностью, то есть в ней поддерживают безмикробные условия, поэтому ожоговая поверхность может оставаться открытой. А на отдельные участки, которые инфицированы, накладывают антисептическую повязку.

Открытое лечение проводят в специализированных палатах-изоляторах, оснащенных приборами ультрафиолетового излучения, воздухоочисти-

Новаии и традиции

В 1767 году Дижонская академия (сейчас она называется Академией наук, искусств и изящной словесности Дижона) объявила конкурс на лучшую работу по лечению ран. Было представлено три трактата. В одном из них приводились доказательства необходимости и целесообразности использования антисептических средств, таких, как скипидар, спирт, а также деготь и алоэ. Это было, несомненно, лучшее исследование того времени, содержавшее научное обоснование эффективности применения повязок с обеззараживающими растворами для подавления гнойного процесса. Но эту работу удостоили лишь второй премии. Первую премию присудили трактату, который рекомендовал для лечения гнойной раны выжигание ее краев! Метод, против которого еще в XVI веке выступил Амбруаз Паре, оказался живуч. Таким образом, победила традиция, а не разум. Как часто в истории медицины, и даже в наши дни, мы встречаемся с подобным отношением к новаторским методам лечения! Мы еще будем говорить об этом.

1
Этапы заживления раны



ПОВРЕЖДЕНИЕ



Джироламо Фракасторо ввел в медицину понятие «инфекция»

телями с бактериальными фильтрами и т. п. Эти меры создают стерильную, лишенную бактерий среду и микроклимат, оптимальный для заживления раны, но неблагоприятный для патогенных микробов.

По существу, этот способ решает лишь одну, пусть и важную, задачу — снижает или даже полностью исключает внешнее инфицирование. Поток стерильного воздуха быстро высушивает струп — питательную среду для размножения микробов, обеспечивая скорейшее образование сухой ожоговой корочки на поверхности раны. Но это достоинство может обернуться недостатком, поскольку высушивание раны угнетает процесс регенерации. Открытым способом в большинстве случаев лечат ожоги лица, шеи и промежности, то есть мест, где трудно наложить и удерживать повязку. Его используют также для ускоренной подготовки к удалению омертвевших тканей. Однако эти технические сложности дороги и доступны лишь крупным специализированным ожоговым центрам. Поэтому наиболее распространенными остаются закрытые способы местного лечения под

повязками и раневыми покрытиями.

История применения повязок, их видоизменения и усовершенствования очень долгая. Изначально наука о повязках касалась только способов их наложения и называлась красивым словом «десмургия», а позже стала составной частью науки о ранах. Еще Гиппократ рекомендовал использовать сухие полотняные повязки, хорошо всасывающие раневое отделяемое, и повязки, смоченные вином, растворами квасцов и растительным маслом. На протяжении многих столетий лекари в разных странах использовали для лечения ран, в том числе и ожогов, все, что, по их разумению, могло помочь больному, эмпирически подбирали различные природные средства — растения, минералы, продукты животного происхождения, и собственноручно изготавливали «чудодейственные» мази и бальзамы. Некоторые из них были полезны, другие бесполезны, а иные даже вредны. Но уже в эпоху раннего Возрождения знаменитый Парацельс (1493—1541) предположил, что силы для лечения ран и раневых осложнений не привносятся извне, а возникают в самом организме. Поэтому он призвал отказаться от лекарств и применять только чистые повязки. Ему даже приписывают слова: «Мое дело перевязать рану, а Господь Бог ее вылечит!»

В 1546 году итальянский врач Джироламо Фракасторо (1478—1553) в трактате «О контагии, контагиозных болезнях и лечении» впервые предположил существование мельчайших заразных частиц, вызывающих нагноение ран, и предложил способы их удаления. Это были первые шаги в развитии науки об асептике и антисептике.

В том же труде он впервые обсудил значение пористости порошков для высушивания раны и объяснил механизм их действия. В наши дни разработка дебридментов — порошков для очищения и лечения гнойных ран — представляет отдельное направление в учении о ранах и повязках.

Изобретение оптического микро-

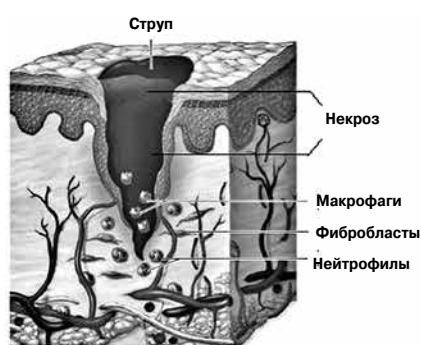


БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

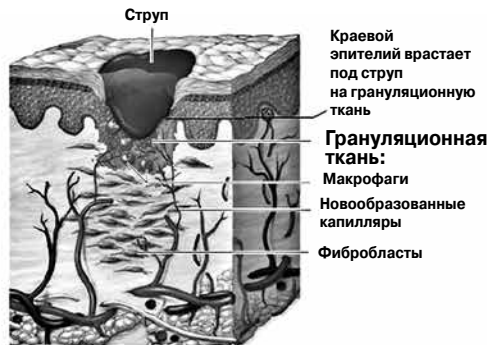
скопа и совершенствование микроскопической техники способствовали возникновению и развитию таких наук, как микробиология, патогистология (патоморфология), цитология, значительно пополнивших новыми знаниями учение о ранах. И если раньше повязку рассматривали лишь как пассивный защитный барьер между раной и внешней средой, то со временем становилось все более очевидным ее активное участие в раневом процессе.

Арсенал современных лекарств, применяемых в повязках, чрезвычайно широк. Их разделяют на три группы: антибактериальные средства, которые предотвращают инфицирование ожоговой раны, ее нагноение и развитие ожогового сепсиса; некролитические средства, ускоряющие отторжение ожогового струпа; и средства, которые ускоряют заживление ожоговой раны или помогают подготовить ее к кожной пластике.

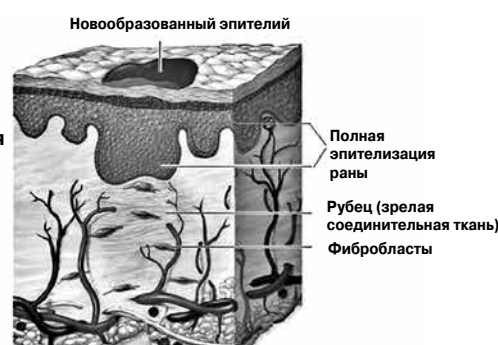
Здесь мы будем говорить преимущественно о мерах борьбы с инфекцией, поскольку это одна из важнейших задач местного консервативного лечения. Для этого используют антибактериальные средства различного происхождения и состава. После появления в 1867 году работы создателя хирургической антисептики сэра Джозефа Листера (1827—1912) «Об антисептическом принципе в хирургической практике» для лечения ожогов стали применять повязки с пятипроцентным раствором фенола (карболовой кислоты), борной



ВОСПАЛЕНИЕ



РЕГЕНЕРАЦИЯ



кислотой и азотнокислым серебром. В наши дни эти средства в чистом виде уже не используют, так как они весьма токсичны и повреждают здоровые ткани. До середины XX века в ходу были такие антисептики, как перекись водорода, перманганат калия, красители: «зелёнка», риванол, фукорцин — краситель фуксин + фенол + борная кислота + производное бензола резорцин (рис. 2). Несмотря на свой почтенный возраст, эти средства до сих пор популярны. С 1940-х годов в практику вошли антибактериальные средства из группы нитрофуранов (рис. 3). С 1945 года стали применять сульфаниламиды, а с 1948 года — антибиотики. Эти средства замедляют или полностью прекращают рост бактерий в области ожоговой раны. В виде растворов, эмульсий, линиментов, мазей, гелей их наносят на раневую поверхность или пропитывают ими повязки. Такие повязки в традиционной комбустиологии называют влажно-высыхающими.

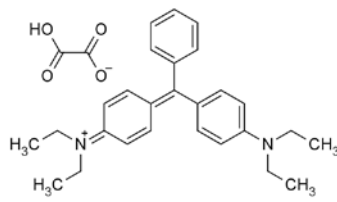
Болезненность, нестойкость и резистентность

Список средств антибактериальной терапии довольно обширен и продолжает пополняться, потому, вероятно, что ни одно из них не удовлетворяет в полной мере требованиям клинической практики из-за вызываемых осложнений и других присущих им недостатков.

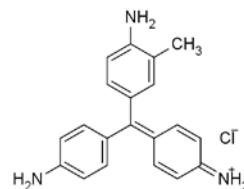
Один из этих недостатков — выраженный болевой синдром, сопровождающий лечение. Некоторые препараты обладают чрезвычайно сильным местно-раздражающим действием. Например, сульфаниламидная мазь мафенид, появление которой оцени-



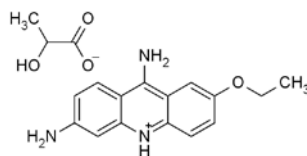
Сэр Джозеф Листер — создатель хирургической антисептики



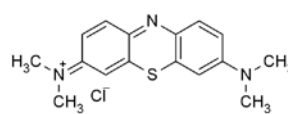
Бриллиантовый зеленый (зеленка)



Солянокислый розанилин (фуксин)



Этакридина лактат (риванол)

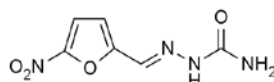


N,N,N',N'-тетраметилтионина хлорид тригидрат (метиленовый синий)

2

Некоторые красители обладают антисептическим действием. Бриллиантовый зеленый (зеленка), метиленовый синий, фуксин (цвет фуксии) — анилиновые красители трифенилметанового ряда, а риванол (этакридина лактат) — желтый краситель акридинового ряда.

Этакридин и фуксин активны в отношении не только бактерий, но и патогенных грибов. Именно поэтому фуксин введен в состав фукоцина, а не для того, чтобы окрасить эту смесь

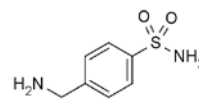


3

Фурацилин — антибактериальное средство из группы нитрофуранов, его используют для лечения ран

вали как революцию в деле местного лечения ран и ожогов (рис. 4). Но этот препарат вызывал сильную боль, которая не прекращалась 3-4 часа; даже стандартная инструкция по его применению рекомендует использовать анальгетики.

В середине 70-х годов в НИИ медицинских полимеров (Минмедпром, СССР) разработали оригинальную лекарственную форму мафенида под названием альгимаф — мягкую, губчатую, рассасывающуюся раневую повязку, изготовленную на основе альгината натрия — природного полисахарида, выделяемого из бурых морских водорослей. В ее состав входят антисептик мафенид и фенозановая кислота — средство, обладающее антигипоксантичным и антиоксидантным действием, улучшающим утилизацию токсичных для организма свободных радикалов кислорода и повышающим устойчивость к гипоксии. Поглощая раневую экссудат, губка превращается в гель и постепенно освобождает мафенид. Боль при этом практически отсутству-



4

Мафенид — препарат из группы сульфаниламидов для местного применения

ет. Надо сказать, что действие альгимафа проявляется только на открытой ране или язве с влажной раневой поверхностью.

Но в большей степени болезненность лечения обусловлена самой технологией его проведения.

Влажно-высыхающие или мазовые повязки (привычные нам марлевые салфетки и бинты) плотно прилипают к ране, становясь как бы частью струпа. Любые движения пациента приводят к смещению тканей по отношению к повязке, травмируют рану и вызывают боль. Под повязкой развивается воспаление, рана и окружающие ее ткани отекают, что, в свою очередь, усиливает боль. Повязка порой прилипает к ране настолько сильно, что ее смену и удаление образующихся корок приходится проводить острым путем под общим наркозом.

Другой, наиболее существенный недостаток заключается в том, что многие антибиотики и антисептики при местном применении довольно часто не оправдывают возлагаемых на них надежд. Они не снижают численность микробов, заселяющих ожоговую рану, и не препятствуют в полной мере не только развитию местной гнойной инфекции, но и ее генерализации, то есть распространению по всему организму.

Причин подобного снижения эффективности несколько. Некоторые традиционные антибиотики очень быстро разрушаются в раневом экссудате и теряют антибактериальную активность. Но чаще микрофлора приобретает устойчивость к лекарству. Растущая устойчивость патогенной раневой микрофлоры не только к антибиотикам, но и к антисептическим препаратам и дезинфектантам стала, пожалуй, самой труднопреодолимой проблемой современной практической комбустиологии. А все потому, что до сих пор остаются неясными механизмы возникновения и развития лекарственной устойчивости.

Микроорганизмы на поверхности раны не живут в одиночестве, каждый сам по себе, а образуют колонии, сливающиеся в биопленку — несколько

слоев бактерий, объединенных с помощью синтезируемого ими биополимерного матрикса в одну многоклеточную систему, окруженную общей оболочкой, которая не пропускает антимикробные препараты. На начальных этапах образования биопленки, когда полимерный матрикс еще не сформирован, бактерии непосредственно контактируют с лекарством. При этом большая часть популяции погибает. Однако остается некоторое количество выживших клеток — персистентов, изначально способных противостоять действию антибиотика/антисептика или приобрести такую способность. Именно персистенты, размножаясь, передают ген устойчивости всем последующим поколениям, формируя таким образом популяции, устойчивые к антибиотикам. Передача генетического материала от предка к потомку называется вертикальным переносом генов. В настоящее время все больше внимания уделяют горизонтальному переносу, при котором микроорганизмы, приобретшие ген резистентности, передают его другим бактериям, возможно, даже другому штамму или виду. Тем самым спектр устойчивых микроорганизмов резко расширяется.

Именно поэтому во всем мире идет активный поиск лекарственных средств, имеющих потенциал воздействия на биопленки. Медицинская микробиология и клиническая фармакология уже вплотную занимаются разработкой и созданием качественно новых комплексных средств, способных блокировать или разрушать защитный биополимерный матрикс, открывая доступ к бактериям-мишеням. В качестве примера можно привести антисептические препараты нового поколения, в частности пронтосан, разработанный германской фирмой «Б. Браун Медикал АГ», который представляет собой комбинацию катионного антисептика полигексанида с ПАВ. Эти средства в виде растворов и гелей уже успешно применяют при туалете ожоговых ран на перевязках, для заживления поверхностных ожогов и хирургических ран. Специалисты ожоговых центров дают высокую оценку этой модификации полигексанида. И тем не менее мы не можем быть уверены в том, что резистентность гноеродной микрофлоры не разовьется и к этой новинке. Наша борьба с микробами протекает с переменным успехом. Мы стремимся их уничтожить — они стремятся выжить!

Токсичность и травмирование

Еще одна серьезная проблема местного консервативного лечения ран заключа-

ется в том, что многие антибактериальные вещества токсичны не только для микроорганизмов, но и для клеток и тканей самой раны. Устранение инфекции улучшает условия для заживления ран, но в то же время нередко приводит к гибели клеток, организующих заживление. Примером может служить местное применение серебросодержащих препаратов. Выше мы упоминали, что еще в 1867 году «отец антисептики» Джозеф Листер использовал для лечения ран и ожогов повязки, смоченные нитратом серебра. Инфекцию они подавляли, но при этом вызвали коагуляционный некроз тканей в месте применения. Мало кто решался повторять такое лечение. Однако с тех самых пор и врачи, и микробиологи, и химики не раз возвращались к мысли об использовании препаратов серебра для борьбы с раневой инфекцией. Уж очень активно они уничтожали гноеродную микрофлору. А кроме того, как выяснилось позже, к серебру не развивается резистентность!

Местную и системную токсичность серебра неоднократно пытались преодолеть, модифицируя его лекарственные формы (например, коллоидное серебро, то есть известные многим протаргол и колларгол) или создавая композиции с другими веществами. Одну из таких композиций, сульфадиазин серебра, в виде крема или мази под различными торговыми названиями широко применяют во всем мире уже более полувека (в основном при поверхностных I—II степени и ограниченных мозаичных ожогах II—IIIА степени). В последние двадцать лет для клинического применения предлагают комбинированные серебросодержащие повязки и раневые покрытия на основе композиций серебра с синтетическими полимерами или с биополимерами, например, с альгинатами. Медленное высвобождение серебра из таких повязок гарантирует их длительную эффективность.

К сожалению, использование традиционных влажно-высыхающих повязок минимизирует достижения микробиологов и фармацевтов, создающих современные средства борьбы с инфекцией. Поскольку повязка «высыхающая», антимикробное средство на ней быстро высыхает и не успевает проникнуть в глубь ран. А застойный отек и нежизнеспособные ткани создают идеальные условия для бактерий, которые заселяют рану. Получается, что сама традиционная технология местного антибактериального лечения снижает его эффективность!

Следует указать и еще одну технологическую причину неудач. Смена прилипающей повязки и механиче-



БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

ское удаление корок и некротических тканей при перевязках травмирует новообразованную грануляционную ткань, богатую сосудами, открывая пути проникновения инфекции в глубокие слои раны и в общий кровоток. Следовательно, от влажно-высыхающих повязок, травмирующих ткань, желательно отказаться. И постепенно мы к этому приходим. Во всем мире уж не одно десятилетие ведутся поиски и разработки новых перевязочных материалов и раневых покрытий. Давно сформулированы медицинские требования, которым должны отвечать эти средства и изделия, определены критерии оценки их эффективности. Это огромная и интереснейшая проблема, в решении которой принимают участие ученые и специалисты самых различных областей науки. Для ее освещения потребовалось бы написать не одну сотню страниц.

Закljučая этот очерк, необходимо сказать, что медики давно пришли к выводу: местное применение антибактериальных средств необходимо проводить на фоне общей (системной) антибиотикотерапии, а также сочетать их с другими методами местного консервативного лечения, направленными, в частности, на создание оптимальных условий для регенерации. Александр Флеминг, английский микробиолог, подаривший миру пенициллин, без малого сто лет назад писал: «Положительный эффект от применения антисептиков в ранах будет только в том случае, если они стимулируют или сохраняют природные защитные силы организма против инфекции. При этом оценка влияния на ткани более важна, чем эффекты в отношении бактерий». А к вопросу о том, какие методы лечения стимулируют или сохраняют собственные природные силы организма против инфекции, мы вернемся в последующих очерках.





Стволовые клетки лечат лошадь

Е.К. Орлова

Ветеринарная медицина обычно ускользает от взора биолога, а проблемы животных кажутся незначительными по сравнению с проблемами медицины «человеческой». Тем не менее по методической части ветеринария ей не уступает, и клеточные технологии не исключение. В этой статье я хочу рассказать о том, как они помогают вернуть к нормальной нагрузке захромавших лошадей.

Хрупкое лошадиное здоровье

Если хотите рассмешить любого конника, расскажите ему о «лошадином здоровье». Отсмеявшись, он объяснит вам, как разнообразно и увлекательно болят кони, и, вероятно, начнет с хромоты. Дело в том, что болезни ног — вторая по частоте причина обращения к ветеринару (первая — колики или боли в животе) и самая распространенная причина

завершения спортивной карьеры. Чаще всего встречаются травмы сухожильно-связочного аппарата и суставов — тендинит, остеоартрит, артроз (рис. 1).

Травмы эти легко получить (например, при неудачном прыжке), трудно вылечить и невозможно забыть. Традиционные методы лечения — покой и противовоспалительные препараты помогают далеко не всегда: согласно статистике, только 30% лошадей после традиционной терапии возвращаются к нормальным нагрузкам.

Открытия в области стволовых клеток и иммунологии, а также зарождение идеи регенеративной терапии заинтересовали и ветеринарных врачей, которые сразу же стали применять новые разработки на практике. К счастью, законодательные ограничения в ветеринарии не так строги, поэтому стволовые клетки и компоненты плазмы используют в рутинном лечении хромоты лошадей уже около 12 лет.

Польская клиника «Equi Vet Serwis», где я прохожу стажировку как студент (<http://www.klinika-konie.com.pl/>), предлагает клиентам методы двух типов: терапию плазмой и терапию стволовыми клетками.

Лекарство из собственной крови

Идея о том, что кровь может исцелять, не нова и уходит корнями в древность, но только в XX веке методы, основанные на переливании крови и плазмы, стали реальностью. Сейчас применяют два метода, для которых требуется собственная кровь лошади.

Первый — PRP, или ПОТ (от platelet rich plasma, «плазма, обогащенная тромбоцитами»). Почему нужны тромбоциты? Потому что они выделяют факторы роста, которые стимулируют размножение местных фибробластов, тем самым ускоряя нормальный процесс заживления.

Плазму изготавливают из собственной крови лошади: центрифугируют, чтобы отделить форменные элементы, затем отбирают плазму, обогащенную тромбоцитами (рис. 2), и активируют тромбином или хлоридом кальция. Тромбоциты под воздействием тромбина и Ca^{2+} обязаны быстро образовывать сгусток; именно таким способом организм останавливает кровотечение из поврежденного сосуда. Но в данном случае этого не происходит,



1

Одна из причин тендинита (воспаления сухожилия) — «баг» в строении сухожильно-связочного аппарата ноги: при прыжках и бега сухожилие трется о кость, что приводит к его изнашиванию.

Другие причины — неправильный тренинг или неподходящий грунт



2

Плазма, богатая тромбоцитами, после финального центрифугирования



3

Набор Equine Platelet Enhancement Therapy (E-PET). Суть технологии состоит в фильтрации крови через мембранный фильтр и заборе из фильтра тромбоцитов

потому что кровь собирают в пробирку с раствором цитрата натрия или ЭДТА (они снижают активность факторов свертывания). Агрегация идет, но медленно: получается гелеобразное вещество, которое сразу же под контролем УЗИ вводят в нужное место.

Не меньшее повреждающее действие, чем сама травма, оказывает воспаление. Местное повышение температуры, ацидоз и отек приводят к гипоксии и замед-

лению восстановления; боль и снижение функции заставляют животное увеличивать нагрузку на остальные три ноги, что повышает риск их травмы.

Воспалению противодействует второй метод — IRAP (от Interleukin-1 Receptor Antagonist Protein, «белок-антагонист рецептора интерлейкина-1»). Интерлейкин-1 — сигнальная молекула, которая запускает реакцию воспаления. Его антагонист, как легко догадаться, действует в противоположном направлении: связывается с тем же самым рецептором и не дает активировать каскад реакций, которые приводят к воспалению. У лошади берут 50 мл крови, инкубируют 18—24 часов — при этом накапливается белок-антагонист, а затем центрифугируют и отбирают плазму, которую вводят в место травмы.

Эти два метода относительно просты в применении, не требуют специальных навыков. Приготовить плазму, обогащенную тромбоцитами, мне доверили в первый же день прохождения практики. Я была несказанно удивлена: «Как? Это же клеточные технологии!» Но оказалось, что для этого не нужно ничего, кроме центрифуги и двух шприцов: один — чтобы забрать кровь, второй — чтобы отобрать ПОТ из надосадочного раствора. Вводить раствор мне уже не доверили, для этой процедуры нужны куда более глубокие знания в анатомии и УЗИ.

Как и любой метод, терапия плазмой несовершенна. Во-первых, одной инъекции недостаточно для восстановления поврежденной ткани, поэтому терапия повторяется курсом, препарат вводят каждые три-четыре недели. Значит, хозяину предстоит регулярные путешествия с животным в клинику, а для некоторых лошадей поездки в коневозе — это отдельное шоу... Хотя последняя проблема сейчас решается: врачи совершенствуют методы получения ПОТ, появилась технология E-PET (рис. 3), которая не требует танцев со шприцами и центрифугой, так что врач может и сам выехать к пациенту.



БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Во-вторых, процесс выздоровления нужно постоянно контролировать, потому что при недостатке собственных «средств» на нормальное восстановление ткани сухожилие, к примеру, начинает восстанавливаться при помощи фиброзной ткани, которая «дешевле» для организма, прочнее, но, к сожалению, не так эластична, как первичная ткань. В результате у лошади может остаться хромота, связанная не с болью, а только с разной эластичностью ткани в двух ногах. Отсюда проблемы в работе и при прохождении ветконтроля на соревнованиях. Кроме того, появляется риск вторичной травмы при нагрузке из-за ограниченной эластичности. Лошади придется уйти на покой, и все труды и затраты окажутся бесполезными.

А что же со стволовыми клетками?

Новая надежда

В ветеринарной медицине используют несколько типов стволовых клеток: мультипотентные мезинхимальные, эмбриональные и индуцированные плюрипотентные. Стволовые клетки первого типа, хоть и ограничены в возможных специализациях, но дифференцируются в остеобласты, хондроциты или адипоциты — те самые клетки, которые обеспечивают регенерацию и как нельзя лучше подходят для лечения патологий опорно-двигательной системы.

Конечно, наилучшие регенерирующие способности у эмбриональных стволовых клеток: они тотипотентные, то есть могут дифференцироваться в любой тип клеток организма. Но тут много проблем с их выделением и хранением, а также с иммунным ответом: как правило, собственными эмбриональных клеток животного врачам неоткуда взять, приходится использовать клетки от другого животного. Еще одна потенциальная опасность — перерождение таких клеток в опухолевые. Впрочем, опыты на мышах и лошадях показали, что этого не происходит («Equine Veterinary Journal», 2010, 42, 636—642, doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00112.x).

Третий тип клеток, который может быть использован в терапевтических целях, — индуцированные плюри-

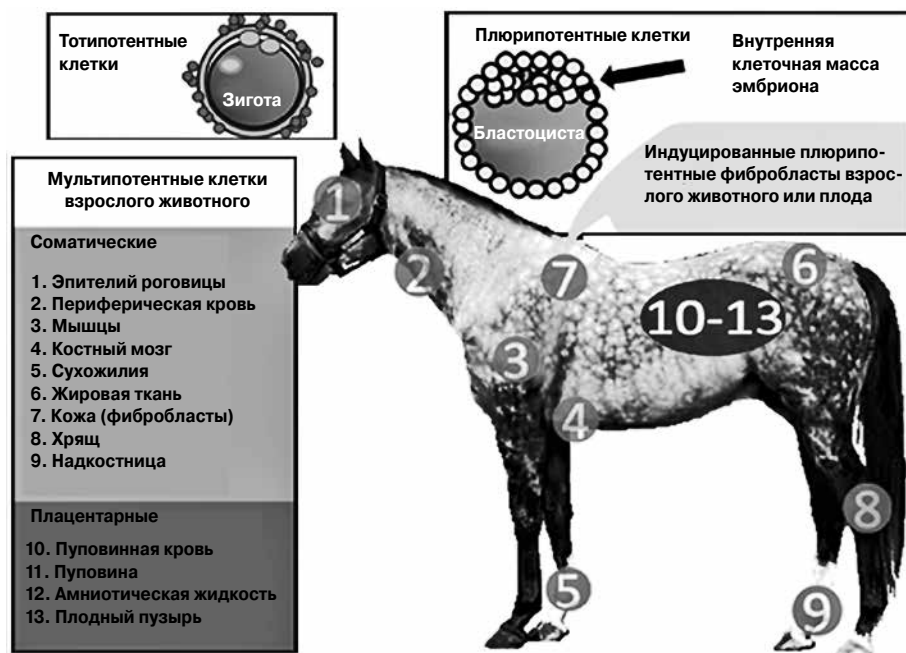


потентные стволовые клетки, то есть дифференцированные клетки, которые стали плюрипотентными в результате перепрограммирования. В практической медицине они пока применяются не особенно широко, чаще их используют в лабораториях, например в качестве моделей для фармакологических исследований. Недавно вышла статья о том, как эпидемиологи используют этот тип клеток для конструирования вакцины против венесуэльского вируса лошадиного энцефалита, поражающего и людей («Stem Cells Translational Medicine», 2016, 5, 8, 1026—1035, doi: 10.5966/sctm.2015-0341).

Как получают стволовые клетки и готовят их к применению? Животному делают местную анестезию, часто также вводят успокоительное, и берут кусочек ткани из грудины или жировой ткани на внутренней стороне хвоста. Все источники клеток показаны на рис. 4.

Затем отобранный материал отправляют в лабораторию на дифференцировку и культивирование; это занимает около недели.

После того как клетки выращены, их, также под контролем УЗИ, вводят в пораженное место (рис. 5). Там они не начинают делиться и дифференцироваться, как это считалось раньше, механизм действия иной: они мобилизуют собственные ресурсы ткани, выделяя факторы роста



(«Cytotechnology», 2014, 66, 1, 27—35, doi: 10.1007/s10616-012-9533-3).

Терапия МСК значительно дороже, чем два предыдущих метода, но она снижает вероятность замещения ткани на фиброзную при лечении тендинита, а в случае остеоартрита это единственная эффективная альтернатива операции. Совместное применение стволовых клеток и терапии плазмой повышает шансы на выздоровление («Stem Cell Research and Therapy», 2013; 4(4): 85, doi: 10.1186/scrt236). Однако ни стволовые клетки, ни плазма не творят чудес: потребуется много времени и терпения — восстановление может занять до двух лет, — строгая программа реабилитации и конечно же немного удачи.

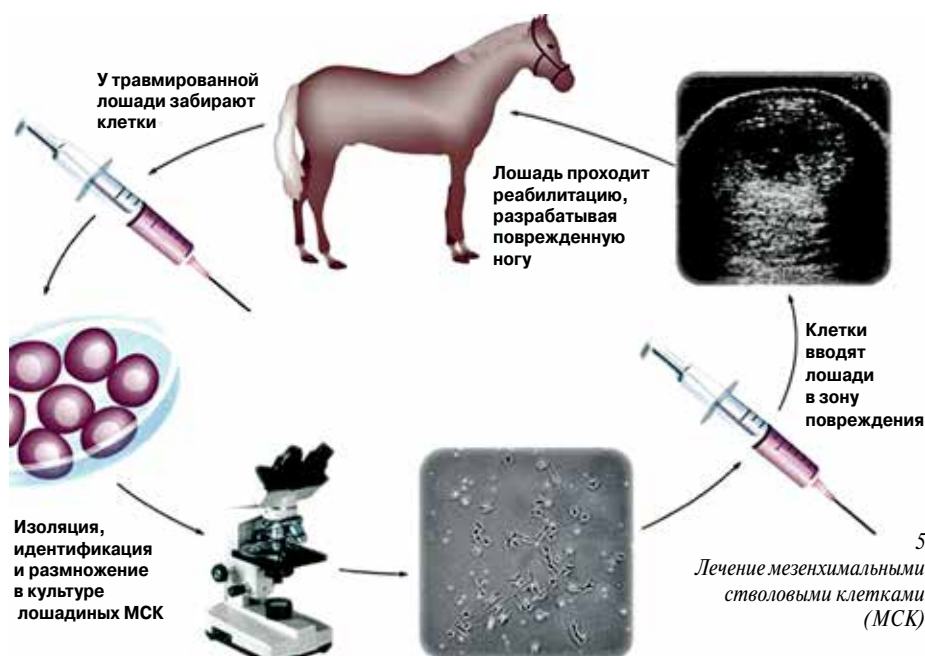
Естественный вопрос: лечат ли в России лошадей с применением клеточных технологий? Да, лечат: только в Москве

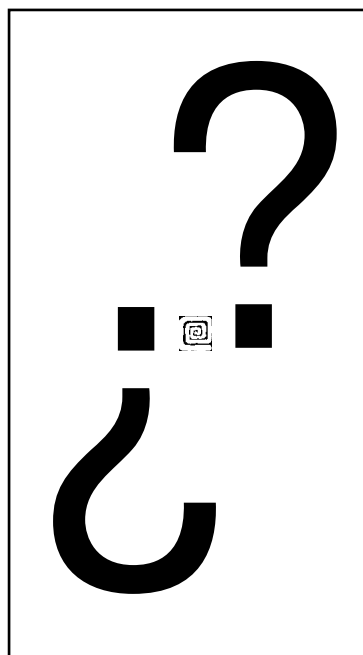
4

Источники стволовых клеток в организме лошади

работают как минимум две клиники. Есть и успехи. Всадница Наталья Кургузова и ее Гранд-Либеро, лошадь очень высокого уровня (см. фото в начале статьи), в 2012 году собирались выступать на чемпионате России, но за несколько месяцев до того жеребец неудачно прыгнул и повредил межкостный мускул (это частая проблема конкурных лошадей). Травму лечили традиционными методами, однако после первых же соревнований она вернулась. Тогда решили провести терапию стволовыми клетками. Затем был годовой период восстановления: строго дозированные нагрузки, диета, постоянный УЗИ-контроль места травмы. В 2014 году Наталья и Гранд-Либеро выступили на чемпионате России с высотой препятствий до 150 см. Отпрыгали без штрафных очков, что позволило Наталье выполнить норматив мастера спорта.

Лечат и не только лошадей («Scientifica (Cairo)», 2016, 4516920, doi: 10.1155/2016/4516920). Терапию стволовыми клетками применяют у собак и кошек при остеоартрите или дегенеративных заболеваниях позвоночника. Метод не очень широко распространен, тем не менее это реальная альтернатива для животных, которым нельзя делать операцию. И конечно, область применения клеточной технологии не ограничивается патологиями опорно-двигательного аппарата; сейчас ведутся исследования по лечению заболеваний почек, печени и сердца у собак и кошек, глаз у лошадей. Может быть, опыт, накопленный ветеринарами, со временем пригодится и «человеческой» медицине.





Водка без градуса

Можно ли сделать безалкогольную водку, то есть раствор каких-нибудь безвредных химических веществ со вкусом водки, но без этанола?

Марина, вопрос по электронной почте

Отвечает флейворист (специалист по созданию пищевых ароматизаторов), химик-технолог **Сергей Белков**.

Прежде чем подойти к решению этой задачи, нужно понять, что тот вкус, который мы воспринимаем при употреблении любого продукта, рождается не на языке и не в носу, а является результатом деятельности мозга по свединю сигналов от разных органов чувств в единую картинку. В этой картинке важны не только вкусовые и обонятельные ощущения, но и плотность напитка, и ваши ожидания, и соответствие результата ожиданиям (а от водки без алкоголя трудно что-то ожидать), и даже надпись на этикетке. Поэтому в строгом смысле слова сделать водку без спирта невозможно.

Но мы можем повторить ее вкус.

Основной, можно сказать, единственный вкусовой ингредиент водки — это этиловый спирт. И чтобы сделать вкусовой аналог спирта, нужно понять, на какие рецепторы он воздействует. Здесь особенных загадок нет: этанол может взаимодействовать со сладкими рецепторами на языке (сладкий вкус), с температурными рецепторами ротовой полости и пищевода (так называемый жгучий вкус, хотя это скорее боль, чем вкус) и давать характерный аромат путем взаимодействия с обонятельным эпителием в носу. Все, что нам надо, — воссоздать каждое из этих трех ощущений в чистом виде и собрать их вместе.

Со сладким проще всего — это известный всем сахар. По моим оценкам, 3—4% раствора сахара достаточно, чтобы воспроизвести сладость 40% раствора спирта.

Со жгучестью немного сложнее. Обычно для создания эффекта жжения используется экстракт красного перца или его действующее вещество капсаицин. Однако капсаицин нерастворим в воде, что, с одной стороны, затрудняет приготовление такого напитка, а с другой — мешает употреблять. Спирт «обжигает» ротовую полость равномерно, и жжение уходит быстро; в отличие от него, нерастворимый капсаицин слишком прочно прилипает к слизистой ротовой полости и долго не смывается слюной. Пищевая химия решила эту проблему, придумав молекулы, структурно сходные с капсаицином, но хорошо растворимые в воде. Самые известные из них — ванилилэтиловый и ванилилбутиловый эфиры (vanillyl

ethyl ether и vanillyl butyl ether). Их эффект очень близок к тому, что создается этанолом. Интересно, что улучшают и усиливают «теплые» ощущения от этих молекул небольшие добавки веществ «охлаждающих», таких, как ментол.

И наконец — аромат. Для имитации аромата этанола можно использовать ароматизатор водки. (Такие ароматизаторы существуют, их используют там, где требуется создать или усилить характерный аромат водки, например в конфетах с алкогольным вкусом.) В его состав входят, как правило, более тяжелые спирты: изопропанол, изобутанол, изоамиловый спирт, ряд очень летучих эфиров (этилацетат, этилбутират) и многие другие ингредиенты. Путем их комбинации опытному флейвористу не составляет большого труда сделать аромат, близкий к водочному. Не стоит опасаться, что вы вдруг отравитесь таким ароматизатором. В конечном продукте концентрации этих веществ будут намного ниже любых самых строгих допустимых норм, и это куда безвреднее водки с алкоголем. Типичный ароматизатор используется в дозировке 0,5—1 кг/1000 литров напитка, а содержание душистых веществ в нем редко превышает 5%.

Убедиться в этом можно с помощью простого расчета.

Для этанола порог восприятия запаха, то есть концентрация, при которой человек начинает ощущать присутствие вещества, составляет примерно 200—350 ppm (1 ppm = 1 часть на миллион; см. <http://www.leffingwell.com/odorthre.htm>). Это достаточно много для мира ароматов. У большинства веществ этот порог в тысячу и миллионы раз ниже: у того же изоамилового спирта — примерно в тысячу раз, 300 ppb (одна часть на миллиард), а для этилбутирата вообще 1 ppb. Говоря простым языком, компоненты ароматизатора в 1000—300 000 раз более «вонючи», чем спирт, а значит, и добавлять их нужно примерно во столько же раз меньше.

Останется лишь смешать все вместе и просто добавить воды. Вот только кому и зачем это надо?



ВОПРОСЫ—ОТВЕТЫ

Полезней кошки зверя нет

Кто кому нужнее — люди кошкам или кошки людям? Если вспомнить историю медицины, больше похоже на то, что это мы зависим от гуляющих сами по себе, а не они от нас. Анатомия и физиология кошек оказалась настолько близкой к нашей и одновременно удобной для изучения, что вряд ли получится назвать область медицины, которая не извлекла бы пользы из экспериментов с кошками. Инфекционные болезни, воспаление, работа органов чувств — обо всем этом мы многое узнали благодаря представителям вида *Felis catus*.

Кошки и цистит

Потенциальный кошачий обед, крыс и мышей, для медицинских исследований разводят в лабораториях, а вот подопытные кошки далеко не всегда могут похвастаться хоть какой-то родословной, а также идеальным здоровьем. Их получают с улиц, из приютов и т. д. Такая неоднородность экспериментальных животных — не лучший вариант: слишком много переменных нужно учитывать при анализе результатов. Обычно, наоборот, стараются, чтобы объекты одного исследования были максимально близки друг другу по возрасту, условиям жизни и генам. В случае лабораторных грызунов скрещивают близкородственные особи, чтобы получить животных, которым можно пересадить лоскут кожи собрата, и этот лоскут не будет отвергнут иммунной системой реципиента. Нужные для эксперимента особенности физиологии, например, имитирующие болезни человека, получают, «выключая» те или иные гены или усиливая их работу, а также создавая интересные исследователя дефекты хирургическим способом.

Однако анализ эффективности 16 животных моделей интерстициального цистита («Journal of Urology», 2002; 167, 2 (Pt 1), 694—702, PMID: 11792956) показал, что уравнивающие лабораторных животных манипуляции при изучении данной болезни только мешают, а ближе всего к «человеческому» циститу состояние, самопроизвольно возникающее у кошек самого различного происхождения.

Симптомы цистита хорошо известны. Если чуть подробнее о причинах, интерстициальный цистит — это заболевание, при котором нарушается структура слизистой оболочки мочевого пузыря и раздражающие вещества (ирританты) проникают в его интерстиций — ткань, где расположены нервные окончания. Постоянная их стимуляция ирритантами приводит к учащенному мочеиспусканию и болям в животе.

По данным Национального института диабета, болезней пищеварительной системы и почек, только в США симптомы интерстициального цистита наблюдаются у 3,3 миллиона женщин старше 18 и у 1,6 миллиона мужчин в возрасте от 30 до 79. Понятно, что столь широко распространенную болезнь активно из-

учают. И как выяснилось, цистит удобно исследовать на кошках, «самостоятельно» заболевших, а не на грызунах, у которых болезнь вызвали искусственно. Внешние проявления этого недуга у кошек те же, да и ход физиологических изменений в мочевом пузыре, по всей видимости, тот же. Нервные окончания в интерстиции мочевого пузыря у больных кошек более чувствительны к растяжению стенок этого органа, чем у здоровых («Journal of Urology», 2005, 173, 3, 1011—1015, doi 10.1097/01.ju.0000145591.35569.9e) и у тех, которым специально повредили этот орган. Получается, что цистит — это заболевание нейронов, а не только клеток эпителия.

Кошки и борьба со СПИДом

Вирусы иммунодефицита заражают не только приматов. ВИК, или вирус иммунодефицита кошек, как следует из названия, ослабляет иммунитет этих животных, проникая в CD4+ и CD8+ Т-лимфоциты, а также В-лимфоциты и макрофаги. В итоге кошки погибают от сопутствующих заболеваний, которые здоровым особям зачастую не опасны.

Вирус кошачьего иммунодефицита был открыт в 1986 году в США, тогда же, когда получил свое официальное название вирус иммунодефицита человека. А в 2005-м появились данные, что до 11% кошек по всему миру ВИК-инфицированы («Biologicals», 2005, 33, 4, 215—217, doi: 10.1016/j.biologicals.2005.08.004, PMID 16257536). В то время уже разработали первые образцы вакцины против ВИК, и благодаря этому лучше поняли, какие подходы помогут создавать вакцины от ВИЧ. Правда, с вакцинами против ВИК есть ряд нерешенных вопросов. С одной стороны, считается, что они эффективнее в долгосрочной перспективе, чем вакцины от ВИЧ первого типа («Vaccine», 2014; 32, 6, 746—754, doi: 10.1016/j.vaccine.2013.05.024). С другой стороны, определить, сработала ли вакцина от ВИК, непросто, потому что количества антител к вирусу примерно одинаковы в крови как вакцинированных, так и невакцинированных больных животных и вирус может долгое время внешне никак не проявлять себя.

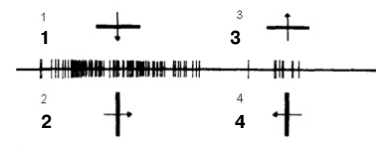
Еще одно серьезное отличие между кошачьим и человеческим вирусами: ВИЧ нередко передается половым путем,

а для ВИК подобные случаи пока неизвестны — чаще всего источником заразы становится укус инфицированной особи. Что немаловажно, человек не может заразиться ВИК от кошки, а значит, с ними не так опасно работать, как, скажем, с ВИЧ-инфицированными обезьянами.

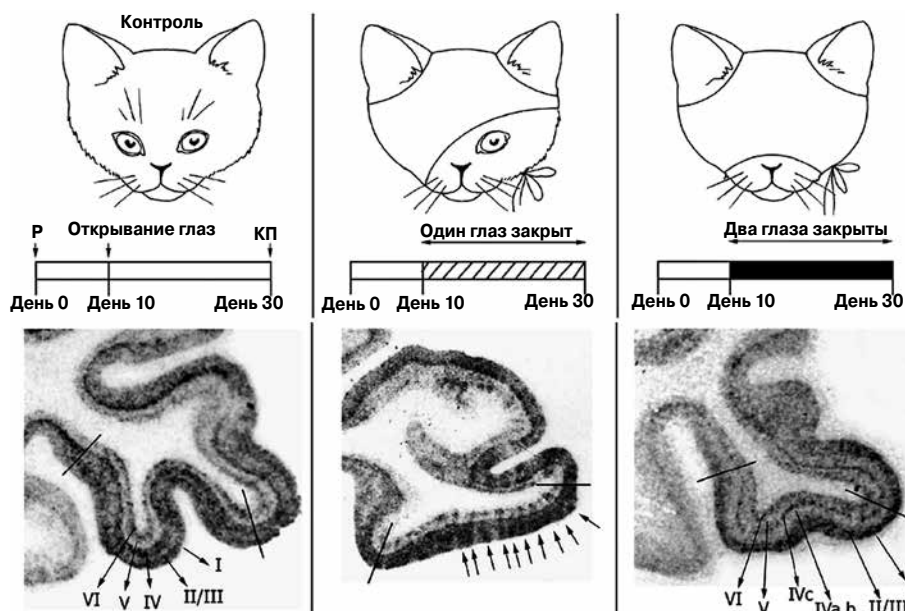
Кошки и сосуды

Лауреат Нобелевской премии по физиологии или медицине 1912 года Алексис Каррель немалую часть своих экспериментов провел на кошках. Высшую научную награду он получил за «работы по сосудистому шву и трансплантации кровеносных сосудов и органов». В 1894 году будущий нобелиат был потрясен смертью президента Франции Мари Франсуа Сади Карно — племянника того самого физика, который описал цикл Карно. Президент погиб в результате покушения: террорист ранил его ножом, повредив крупную артерию, а сшивать сосуды в то время еще толком не умели, сильное кровотечение так и не удалось остановить. Каррель решил отработать технику сшивания, чтобы уменьшить число подобных случаев в дальнейшем.

Естественно, хирурги пытались чинить сосуды и раньше, но до Карреля никто не мог понять, как сшивать их стенки так, чтобы они и не сужались, образуя стеноз, и не закупоривались из-за тромбов. Сначала француз опробовал свою технику на биоматериале умерших людей, но, чтобы оценить ее эффективность в полной мере, нужно было провести операцию на сосудах, по которым течет живая кровь. Поэтому Каррель продолжил эксперименты на собаках и кошках. Он изучал и вены,



Реакции отдельного нейрона зрительной коры кошки на объект, движущийся в том или ином направлении. Вертикальными черточками на двух прямых отмечены импульсы, которые один и тот же нейрон выдает при смещении горизонтальной (1, 3) или вертикальной (2, 4) линии на экране в ту или иную сторону. Данная клетка активируется, когда «видит» горизонтальные, а не вертикальные линии, и особенно сильно реагирует на движение горизонтальной линии вниз. (Из нобелевской лекции Дэвида Хьюбела)



Развитие зрительной коры котят, которым вскоре после рождения закрывали один или два глаза, по сравнению с контролем. (Это не работа Хьюбеля и Визеля, но она была сделана по сходной методике.) В данном случае изучали экспрессию гена *zif268* с 10-го по 30-й день жизни. Работу белка этого гена связывают с активностью нейронов. Чем темнее слой, тем сильнее в нем экспрессия *zif268* и, вероятно, тем чаще его клетки обрабатывают информацию. КП — пик критического периода развития связей в зрительной коре.

и артерии различного диаметра и даже пересаживал фрагменты сонной артерии собак на аорту кошек. Как ни странно, такие фрагменты часто приживались, то есть иммунная система животных не отторгала их сразу. Участки стенки сосудов человека нормально чувствовали себя и в сосудах собак, но при этом пересадка фрагмента артерии от одного человека другому практически всегда заканчивалась отторжением чужеродной ткани.

Сшивание сосудов интересовало Карреля не только само по себе, но и как необходимое условие удачной трансплантации органов. Он понимал, что любой части тела требуется кровоснабжение, поэтому первое, что нужно сделать при пересадке, — «пришить» кровеносные сосуды к новому органу. Ученый трансплантировал уши собакам и почки кошкам, и, хотя после некоторых операций животные умирали через пару месяцев или ранее, Каррель каждый раз проверял состояние кровеносных сосудов, питавших пересаженный орган, и всегда убеждался, что дело было не в плохой сшивке, а в чем-то еще. Он также установил, что операции должны проводиться в условиях стерильности, а сосуды перед процедурой нужно промывать раствором солей, известным как «раствор Рингера».

Своими экспериментами Каррель положил дорогу современной трансплантологии. В признание заслуг в 1924 году его выбрали членом-корреспондентом Академии наук СССР, а в 1927-м — ее по-

четным членом. Однако взгляды Карреля во многом были отталкивающими. Ближе к концу жизни, в 1930-х годах, он увлекся евгеникой, утверждал, что представители рабочего класса умственно неполноценны, причем неполноценность передается по наследству. Впрочем, к его опытам на кошках это не имеет отношения.

Кошки и зрение

Кошки внесли большой вклад не только в медицину, но и в фундаментальную науку. Эксперименты с их участием принесли львиную долю знаний о строении зрительной коры, в которую попадает информация с сетчатки глаза. Дэвид Хьюбел и Торстен Визель в конце 1950-х годов вживляли в затылочные доли кошек электроды, которые регистрировали активность отдельных клеток зрительной коры («The Journal of Physiology», 1959, 148, 3, 574—591). Чтобы вызвать эту активность, Хьюбел и Визель показывали животным на светлом экране темные объекты простой формы — например, круги.

Вот только нейроны долгое время не желали посылать никаких импульсов, что, конечно, приводило исследователей в отчаяние. И однажды совершенно случайно, во время очередного эксперимента с проекцией точек на экран, одна из клеток в зрительной коре кошки начала выдавать сигналы пачками! Это было хорошо заметно, поскольку каждый импульс, регистрируемый электродом, сопровождался щелчком. В предыдущих попытках экспериментальная установка иногда выдавала одиночные щелчки, а в этот раз Хьюбел и Визель услышали продолжительный треск. Оказалось, что клетка прореагировала на перемещение черной точки по экрану в определенном направлении. Если бы направление было немного другим, никакого ответа от клетки экспериментаторы не добились бы: как мы знаем теперь, отдельные нейроны



ЖЕРТВЫ НАУКИ

зрительной коры реагируют лишь на определенные изменения в зрительном поле, игнорируя все, что «вне их компетенции».

Таким образом выяснилось, что в зрительной коре есть клетки, реагирующие на движение в одном направлении (а позже оказалось, что клетки, реагирующие на близкие направления, образуют целые трехмерные колонки). Позднее Хьюбел, Визель и их коллеги открыли типы нейронов, выдающие сигналы в ответ на другие простые свойства изображений. Но именно за эксперименты с клетками, чувствительными к направлению движения, Хьюбелу и Визелю присудили в 1981 году Нобелевскую премию по физиологии или медицине.

Кроме того, на примере котят те же исследователи показали, насколько важны для развития мозга своевременно полученные первые впечатления. Сразу же после того, как у котят открывались глаза, на один глаз им надевали непрозрачную повязку («The Journal of Physiology», 1970, 206, 2, 419). Через несколько недель повязку снимали, и каждый раз выяснялось, что котенок этим глазом ничего не видит, хотя ни сам глаз, ни отходящие от него нервы не были повреждены. Изменения происходили фактически только в зрительной коре — часть ее клеток имела аномально малое количество связей с другими нейронами. Значит, чтобы нормально видеть, нужно не только иметь здоровые от рождения зрительные структуры, но и регулярно «тренировать» их, проще говоря — смотреть на что-нибудь. Однако если так же закрыть глаз взрослой кошке, на ее зрение это не повлияет — ведь когда она была котенком, у нее не было недостатка в визуальных стимулах, и ее зрительная кора нормально развивалась.

С. Ястребова



flickr.com kqedquest

За что не любят Илона Маска

Наверное, в цивилизованных странах не осталось человека, который бы никогда не слышал об американском предпринимателе южноафриканского происхождения Илоне Маске. Электромобили «Тесла», компания «Солар-Сити» по производству солнечных батарей для индивидуальных домов, гигафабрика, призванная сбить цены на литий-ионные аккумуляторы большой емкости, ракеты «Фалькон-9» — вот неполный список его достижений.

Тем не менее, когда упоминаешь это имя в присутствии человека, связанного с космической отраслью, обычно слышишь в ответ возмущенное фырканье: «Ах, этот! Да у него, кроме пиара, ничего за душой нет. Он ничего нового не придумал, и вообще он обманщик вроде Остапа Бендера». Причем последнее время это можно слышать не только от российских космических специалистов, ревность которых к конкуренту из более благополучной страны вполне объяснима, но и от американцев.

Ну, допустим, что Маск действительно ничего не изобрел, кроме транспортной системы «Гиперлуп» (http://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop_alpha.pdf; см. рисунок внизу), перспективы которой пока туманны. Он скомбинировал и вывел на рынок существовавшие до него технические решения, сделал их модными. Это тоже большая заслуга.

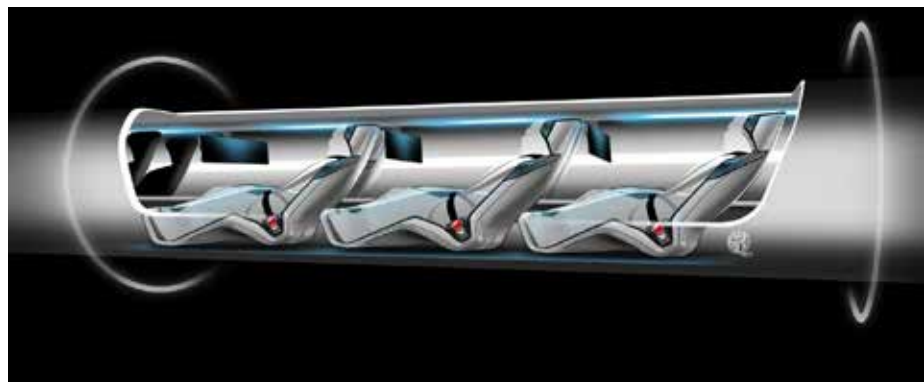
Покойный Стив Джобс не изобрел ни персонального компьютера, ни смартфона. До «Эппла-II» существовал «Альтаир», до iPhone — Palm Pilot и множество других карманных компьютеров. Тем не менее заслуг Джобса в формировании современного облика информационных технологий не отрицают даже самые упорные ненавистники «Эппла».

По-моему, основная вина Маска состоит в том, что он покусился на мечту. Он пытается, и безуспешно, реализовать то самое будущее, про которое мы все читали в классической фантастике 50—60-х годов. С электромобилями, с поездами быстрее звука, с многоразовыми ракетами, которые по расписанию, как трансатлантические пароходы, доставляют людей в поселения на Луне и на Марсе.

МЫСЛИ О БУДУЩЕМ

Все мы выросли на этой фантастике. И те из нас, кто пошел работать в высокотехнологичные отрасли, сделали это не без влияния Азимова, Брэдли, Стругацких. И где-то в 70—80-е годы мы с разочарованием узнали, что это будущее не наступит. Что принципиальные физические ограничения не дадут сделать космический корабль, который не сгорит на 90% в атмосфере, выводя

И те из нас, кто пошел работать в высокотехнологичные отрасли, сделали это не без влияния Азимова, Брэдли, Стругацких. И где-то в 70—80-е годы мы с разочарованием узнали, что это будущее не наступит. Что принципиальные физические ограничения не дадут сделать космический корабль, который не сгорит на 90% в атмосфере, выводя



на орбиту маленькую полезную нагрузку, что атомная энергия чересчур опасна, чтобы применять ее в быту, что робота нельзя выпускать на дорогу, потому что непонятно, кто должен нести ответственность в случае ДТП. Мы уже смирились с тем, что технический прогресс остановился, что звезды доступны нам только в виртуальной реальности.

И вдруг приходит какой-то южноафриканец и говорит: «А все-таки полетим на Марс», что в современном обществе потребления не меньшее безумство, чем те же слова, сказанные Фридрихом Цандером в голодной послереволюционной России.

Оказывается, не надо никаких чудес, никаких прорывов в физической науке. Вполне можно построить многоразовую ракету на керосине и жидком кислороде. Вполне можно оснастить автопилотом обычный автомобиль и так далее. Кажется, что мы, те, кому сейчас 40—50 лет, бездарно потратили свою жизнь. Все, о чем мечтали наши отцы и чем, может быть, воспользуются наши дети и внуки, могли сделать мы, но, увы, упустили свой шанс.

Самый возмутительный проект Маска — конечно же Межпланетная транспортная система (ITS, Interplanetary Transport System; вот здесь подробная презентация http://www.spacex.com/sites/spacex/files/mars_presentation.pdf), известная также под ранним названием Mars Colonial Transport. Что же в ней такого еретического?

С момента возникновения космонавтики она развивалась как разновидность артиллерии в стиле жюль-верновской «Колумбиады» — улетает маленький снаряд, а остается огромная «пушка», стартовый комплекс. Даже лунные автоматические станции, доставлявшие на Землю лунный грунт, даже посадочные модули «Аполлонов» оставляли на Луне посадочную ступень, превосходящую по весу возвращаемую. В то время как фантастам было понятно, что для успешного освоения Солнечной системы космический транспорт должен напоминать

морской торговый флот или, на худой конец, авиацию — состоять из кораблей, которые многократно совершают рейсы из порта в порт, ремонтируются, заправляются, получают снабжение, но остаются теми же самыми кораблями.

ITS представляет собой именно такой корабль. На значительной части объектов Солнечной системы он может совершить посадку и взлет только за счет внутренних запасов топлива. Для старта с Земли ему потребуется дополнительный бустер, тоже, заметим, многоразовый, и дозаправка на орбите. Но даже долговременная орбитальная станция не нужна — только танкер на базе такого же корабля.

Таким образом, на межпланетные перелеты переносится бизнес-модель типичного торгового корабля, который ищет в порту прибытия фрахт и идет потом туда, где нашлись заинтересованные в перевозке груза.

Именно такая модель, полностью слитая с торгового судоходства XIX — первой половины XX века описана, например, Лемом в «Рассказах о пилоте Пирксе» или Артуром Кларком в «Раме». Это казалось невозможным. Большая часть специалистов по космонавтике во всем мире считала неизбежной и естественной модель «мы стреляем городами», как высказался однажды Сергей Павлович Королев. При этом прекрасно понимая, что эта модель никогда не сможет стать экономически выгодной и поэтому пилотируемая экспедиция на Марс десятилетия за десятилетиями будет откладываться.

И тут выясняется, что можно по-другому. Используя те же самые технические средства, ну разве что метан вместо водорода.

Кстати, сейчас, после публикации проектов Маска, стремление использовать топливные пары «кислород + водород» и игнорирование пары «кислород + метан» кажется необъяснимым. Да, водород имеет чуточку лучшую удельную теплоту сгорания, позволяет добиться чуточку большего удельного импульса, но платой за это становится его чрезвычай-

но низкая плотность, приводящая к увеличению размеров баков, и низкая температура, делающая работу с ним существенно более сложной, чем с жидким кислородом. В то время как температура кипения метана выше, чем у кислорода, плотность примерно как у керосина, и в целом получаются сплошные преимущества, даже если не рассматривать задачу производства топлива на Марсе из местных ресурсов, ради которой с метаном связался Маск.

Вообще Маск — пожалуй, первый в истории человек, который подошел к проблеме освоения космоса системно и начал атаковать задачу с разных направлений одновременно.

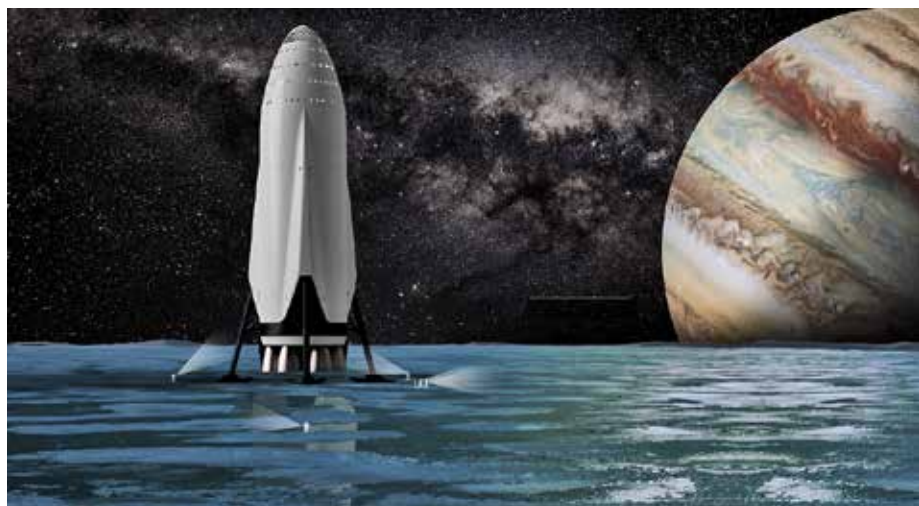
Во-первых, ракеты как средство доставки грузов. Во-вторых, электромотоцикл как транспортное средство, способное работать в бескислородной атмосфере. В третьих, «Гиперлуп» — электропоезд-капсула в вакуумной трубе, который явно вырос из эскизных проработок поездов для марсианской, а не земной плотности атмосферы, в-четвертых — солнечные батареи как источник энергии для поселений на других планетах.

Если допустить, что проекты Маска увенчаются полным успехом и колония на Марсе будет создана где-нибудь году к 2035-му, то потом, лет через сто, историки техники, конечно, напишут, что период стагнации с 1972 по 2030 год был необходим. За это время человечество «подтянуло тылы», превратило те материалы, которые были экзотикой в период первой космической гонки, в крупнотоннажную продукцию, доступную в любом супермаркете (а проект ITS был бы невозможен без легких композитных материалов, и этих материалов нужны сотни тонн), развило вычислительную технику и авионику (без чего были бы невозможны посадки первых ступеней «Фалькона-9»).

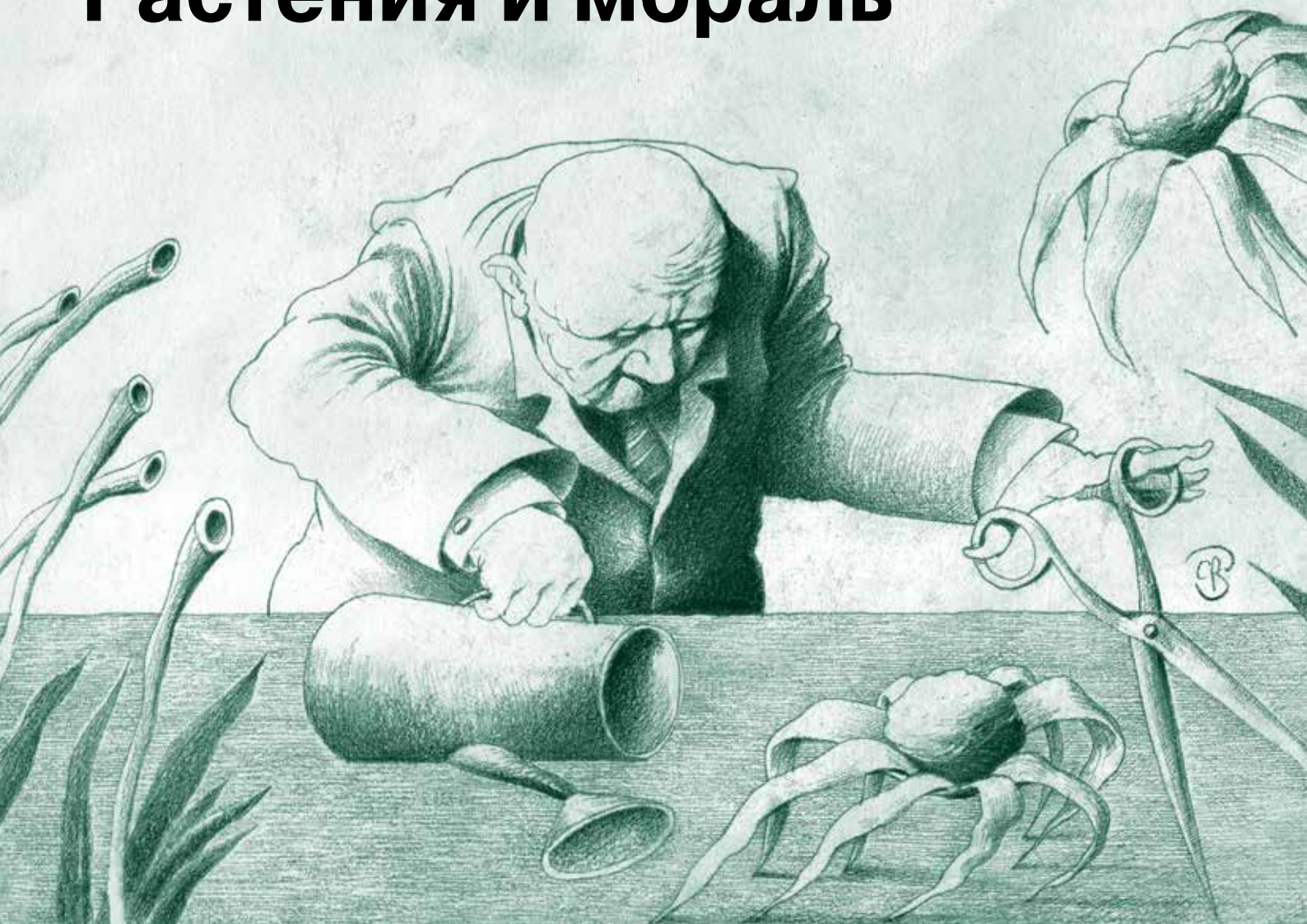
Но сейчас нам этого не видно. За последние 20 лет композитные материалы и микропроцессоры проникали в нашу жизнь постепенно. И мы просто не помним, как когда-то обходились без них, как продукты в магазине заворачивали в оберточную бумагу, а не паковали в полиэтиленовую стреч-пленку, как набирали телефонный номер на дисковом телефоне, какого размера были тогда батарейки в фонариках и на сколько часов их хватало.

Поэтому начинающая воплощаться в жизнь мечта фантастов 60-х годов кажется нам немой укором нашему поколению, которое не смогло ее реализовать. А только подготовило фундамент для ее реализации.

Виктор Вагнер



Растения и мораль



Кандидат
физико-математических наук
С.М.Комаров

— С нами у них нет ничего общего — это ясно, — решительно заявил Кордовир. — Возникает вопрос: нравственны ли они?

Роберт Шекли. Чудовища

Игнобелевская премия мира 2008 года досталась швейцарской правительственной организации — Федеральному этическому комитету по негуманоидной биотехнологии. Комитет подготовил доклад, в котором поднял вопрос: нравственны ли растения? То есть находятся ли эти фотосинтезирующие, неподвижные и, как считается, не способные ощущать существа под защитой моральных ограничений, имеющих, скажем, в отношении млекопитающих?

При всей кажущейся надуманности задачи даже сама ее постановка, тем более в официальном документе, открывает ящик Пандоры, из которого может вылезти что-нибудь совершенно неожиданное. Вдобавок отсылки в этом документе

идут не на личные мнения, а на основной закон страны. Дело в том, что в швейцарском конституционном законодательстве предусмотрена защита живых существ, причем не только животных, но и растений, и микроорганизмов. Однако в Акте о генетических технологиях последние были изъяты из числа юридически живых существ, а дискуссии о применении конституции привели к пониманию того, что живое существо подлежит охране не как элемент биоразнообразия или представитель исчезающего вида, но как нечто представляющее ценность само по себе. Вот в таком контексте и возникла задача трактовки закона применительно к растениям.

Понимая весь груз ответственности, швейцарские исследователи норм поведения в отношении растений организовали тщательное расследование, в частности провели консультации с ведущими европейскими ботаниками, философами и специалистами по этике. Работа началась в 2004 году, когда сделать доклад по теме поручили профессору Юргу Штёклину из Базельского ботанического института. Этот доклад обсудили еще четверо ботаников из университетов Цюриха, Базеля, Невшателя. Затем, к 2006 году, были дискуссии с другими экспертами, например философом доктором Ангелой Кальхоф из Мюнстерского университета, теологом доктором Хайке Баранцке из Боннского университета Фридриха-Вильгельма,



существо имеет непреходящую ценность и является объектом морали. При рაციоцентризме право на мораль признается за живым существом, если на то есть причины. При патоцентризме живое существо может считаться объектом морали, если оно может различать добро и зло, хотя бы по отношению к себе. При биоцентризме все живые существа — объекты морали в силу того, что они живые. Именно последнее направление было признано большинством участников дискуссии как верное.

Второй вопрос: а что есть вред для живого существа? Здесь есть две позиции. Первая — нанести вред можно только такому существу, которое способно ощущать то или иное действие как вредное; тому, у кого есть некие осознаваемые собственные интересы. Альтернативное мнение: вред можно нанести и такому существу, которое не ощущает вреда. И опять к этому последнему мнению склонилось большинство участников дискуссии, которая, следовательно, зашла в тупик: растения оказались такими же объектами морали, как люди, и, стало быть, обладают аналогичными правами на жизнь. Если мы согласимся с этим, то не сможем ни дерево срубить, ни морковку съесть — такие действия окажутся аморальными.

Поэтому далее была рассмотрена идея патоцентризма, причем главные сомнения вызывала способность растения различать добро и зло. Вот как проблема дословно сформулирована в докладе. «Вопрос о том, может ли растение быть благодетельствовано или обижено, связан с вопросом о том, есть ли у растения какая-то форма внутреннего переживания. Оно должно переживать выгоду или повреждение как добро или зло. Условием для независимого позитивного или негативного переживания служит способность к ощущениям. Организм, который соответствует приведенным критериям, имеет собственные интересы». Иными словами, если растение не ощущает собственного интереса в том, чтобы жить целым и невредимым, то оно не становится объектом морали. Но точно ли у них нет собственных интересов? Точно ли они так лишены ощущений, как кажется? Вопрос сложный. Вот одно из рассуждений на эту тему, принадлежащее упомянутому ботанику Юргу Штёклину.

Относительно животных мы уверены, что они обладают ощущениями, что у них есть внутренние переживания, которые связаны с некой формой сознания; именно на этом мнении основан Акт о защите животных от жестокого обращения. А есть ли похожие ощущения у растений? Если присмотреться к ним, то окажется, что на клеточном уровне между ними и животными нет фундаментального различия. Лишенные способности передвигаться, растения отнюдь не пассивны. Они могут взаимодействовать с окружающей средой, менять свое поведение, например, скорость развития, проявляют значительную гибкость приспособления к обстоятельствам. У растений есть развитая гормональная система для общения с внешним миром. Растения реагируют на прикосновения, различными способами борются с фитофагами. Но ощущают ли они все это или же демонстрируют лишь некие реакции на внешние раздражители? С одной стороны, предполагается,

фермером-исследователем доктором Николаи Фуксом. Как оказалось, в обществе существует три основных направления мысли, касающихся проблемы прав растений. Одним сама по себе постановка вопроса кажется дикой. Другие считают, что причинение вреда растениям — неизбежное следствие их положения в начале пищевой цепочки. Третьи же отмечают: если признать, что к растению применимы моральные категории, жизнь человека не только усложнится, но и в значительной степени обесценится, поскольку неизбежно будет возникать сопоставление ценностей жизни человека и растения. А результат такого сопоставления неочевиден. (Подобные опасения не лишены оснований, ведь некоторые идеи, немыслимые вчера, вроде равенства перед законом людей независимо от их происхождения, избирательного права для женщин или совместного обучения подростков разных полов, сегодня воспринимаются как норма.) И лишь ничтожное меньшинство опрошенных полагает, что и у растений есть права.

Сознавая, какие трудности вызовет попытка разобраться с этими правами, исследователи решили применить последовательные логические построения. Для начала они стали выяснять, кто, собственно, относится к категории моральных объектов, то есть объектов, на которые распространяются принципы морали. Тут возможны четыре подхода. Первый — теоцентризм: коль скоро все живое создано Богом, каждое



что для ощущений необходимо наличие нервной системы, а она, очевидно, у растений отсутствует. Но с другой стороны — в силу неполноты нашего знания мы не можем утверждать, что не существует каких-то других механизмов, которыми растение могло бы осознавать, что ему сделали добро или причинили вред.

Так возник новый логический тупик. Не решив вопрос о способности растений ощущать внешний мир, их не следует исключать из числа объектов морали, но для решения вопроса знаний не хватает. Большинство участников нашло приемлемым следующий выход. Вероятность того, что растения способны к ощущениям, гораздо больше, чем вероятность встретить такую способность, скажем, у камней. Поэтому нельзя гарантированно исключить растения из числа объектов морали. Но и включать их непросто, ведь растения удается разделить на части, причем некоторые из них способны порождать при этом новые растения. Сломав растение, мы можем его погубить, а можем расчеренковать. Многие ягоды и фрукты должны быть съедены животными, чтобы содержащиеся в них семена приобрели всхожесть, листья должны опадать и гнить в почве, восстанавливая ее плодородность. Что тогда есть объект морали? Получается, что сорвать спелое яблоко, съесть его и отшвырнуть огрызок подальше — поступок моральный, а сорвать листик и забрать его в гербарий — аморальный. Или наоборот: сорвать листик — почти то же самое, что у человека срезать волос, а съесть яблоко аморально, если разжуешь семечко.

Подобные трудности не испугали организаторов исследования, и они, решив, что на нынешнем уровне знания мы вынуждены признать растения объектами морали, попытались сделать следующий шаг: определить, в каких отношениях те находятся с другими такими объектами — животными и людьми. Тут есть два подхода. Один — признать равенство всех юридически живых существ, второй — проявить остаточный антропоцентризм и постулировать, что, конечно, все объекты морали равны, но люди всех равнее, а животные более равны, чем растения. Преодолеть такую дискриминацию растений многим участникам дискуссии все-таки не удалось. Пусть меньшинство, но немалое, сошло во мнении: моральные ограничения в отношении растений должны быть менее жесткими, чем в отношении животных и тем более людей.

Из этих соображений последовали выводы, которые, возможно, станут рекомендациями для законодателей (правда, за прошедшие с тех пор восемь лет законодательных инициатив по правам растений не последовало). Вот некоторые из предлагаемых новаций.

Прежде всего, вред, причиненный растению без рациональной причины, по прихоти, следует считать поступком аморальным: к тому, кто накопил сена для скотины, претензий нет, а вот тот, кто сшибает цветки с придорожных растений, заслуживает осуждения.

Использование растений — как целых популяций, так и отдельных экземпляров — для человеческих нужд требует морального оправдания. Многие об этом и так догадываются,

но выводы делают не всегда верные. Например, на одном из форумов, посвященном колодному пчеловодству, автор этих строк увидел такой пост: «...Ну вот, нашла я в лесу достаточно толстое для изготовления колоды дерево, попросила у него прощения, спилила...» Этот способ совсем не годится, поскольку валить живое огромное дерево для своих прихотей аморально, и никаким «прости меня, так уж вышло» тут не обойтись: для изготовления колоды оно не пойдет, придется несколько лет сушить древесину, прежде чем поселить пчел. Морально же найти давно погибшее дерево и освободить от его присутствия жизненное пространство для новых всходов. Тогда извиняться придется разве что перед грибами — это их лишили пищи.

Владение растением не может быть абсолютным, его нельзя использовать так, как хочет человек, без всяких ограничений. Этот интереснейший пункт ведет к множеству последствий. Вот, скажем, моральна ли прививка растений, когда подвой лишается всего и вынужден своими корнями питать какого-то пришельца? А обрезка — это морально или должно быть запрещено как причинение нестерпимого страдания? Защитники животных ведь добились запрета на отрубание хвостов и обрезание ушей у некоторых пород собак, например у эрдельтерьеров или доберманов. Пусть эта операция улучшала экстерьер, зато теперь собаке не больно. Обрезка растений тоже улучшает их экстерьер, а иногда делает здоровее, позволяет отрастить больше листьев и повышает эффективность фотосинтеза, но все же, все же... Создание бонсаи вообще оказывается за гранью представимого — как компрачикосы у Виктора Гюго, выращивающие из детей уродцев на потеху публике.

Генетическая модификация растений морально оправдана при условии, что она не нарушает права растения на размножение и их способность к приспособлению, при этом должно быть обеспечено сохранение естественной системы взаимоотношений между растениями. Эта замечательная идея ставит крест на множестве современных методов селекции. Вот, например, обеспечение стерильности пыльцы при генной модификации. Это предлагают делать и для защиты от копирования (нанесения убытков сельскохозяйственным компаниям от пересевания семян), и для предотвращения скрещивания с дикими растениями. Такой метод совершенно аморален, ведь право целого сорта растений на самостоятельное размножение будет нарушено. В связи с глобальным потеплением исследователи активно ищут и патентуют гены устойчивости к засухе, засолению почвы и прочим неблагоприятным факторам. В перспективе эти гены будут применять для модификации и получения устойчивых сортов. Опять аморальность: нарушается способность растений на приспособление, ведь модифицированные организмы обречены вместе с потомками всегда пребывать в ужасных неплодородных и засухливых местах. А вот отношение к патентованию растений у членов комиссии — нейтральное: это регулируется межчеловеческой моралью.

Когда же моральные ограничения при обращении с растениями перестают работать? Тогда, когда речь идет о выживании человека. Выходит, съесть редиску с грядки в общем-то допустимо, но вот выколоть сныть из кустика флоксов — нехорошо, цветы не жизненно важная потребность. А флокс пускай честно борется со снытью — это соответствует принципу сохранения естественных отношений в растительном сообществе.

Не исключено, что подобные очевидные последствия несколько притормозили законодательные инициативы по защите прав растений. Хотя, если бы, скажем, автомобилиста, паркующегося на газоне, привлекали не по административной статье за порчу зеленых насаждений, а по уголовной за непредумышленное массовое убийство, это было бы действенно и поучительно.





Райская планета

Денис Тихий



НАНОФАНТАСТИКА

Боевой крейсер «Соцветье» всплыл из подпространства за орбитой третьей планеты и уставился на нее огромным фасетчатым глазом. Через минуту раздался радостный общий шелест — планета обитаема! Корабль выстрелил в сторону третьей планеты разведывательными зондами и на неделю отключился от внешнего наблюдения — у экипажа начался сезон опыления, и так на месяц задержались. За это время зонды собрали исчерпывающую информацию, а бортовая грибница успела ее обработать.

— Планетка-то настоящий рай! — мечтательно прошелестел Механик, выпростав корни из земли. Он первый раз участвовал в Броске, ему все виделось в зеленом цвете.

— Ха, навидался я раев! — скрипнул кривым стволом Оружейник. — Планета орет в радиодиапазоне, что та твоя звезда! Наверняка там полно мясунов, это их любимые цацки.

— Ну-ну, Оружейник, — мягко шевельнул листовой Садовник, — борьба с вредителями — это проще пареной плоти, вам ли не знать? Пять-шесть аккуратных прижиганий, всепланетное опрыскивание, и вот шелестят леса, развивается истинный разум, а через смехотворное время — два-три миллиарда лет — мы возвращаемся и протягиваем ветвь своим братьям.

— Не сказал бы я, что это так просто, Садовник. Мясуны очень хитры, иногда меня посещает мысль, что они разумны.

В кают-компанию воцарилась тишина. Оружейник всегда был прямолинеен, но это его высказывание граничило с явной ересью. Обстановку разрядил Врач, расцветив стены кают-компании легко опьяняющими синими гнилушками.

— Я — старый, увядший папоротник. Я знаю тебя, Оружейник, еще с тех времен, когда ты был завязью на ветви своего отца. Мы с тобой прошли три тысячи Бросков...

— Три тысячи девять, — скрипнул Оружейник.

— Я видел каменные муравейники мясунов, которые использовали силу ядерного распада или синтеза. Я видел даже мясунов, дерзнувших выбраться в космос, хотя сама биология сделала его чужим для них. Но весь их кажущийся разум — просто хитрость мучнистой росы, или черной гнили, противящейся лекарству. Они — болезнь. А ты — врач.

— Ты прав, брат, — ответил Оружейник, — но где та грань, за которой хитрость становится разумом?

Стена кают-компании разошлась тремя лепестками, и в образовавшееся отверстие ввалился Капитан. Листья его скрутились в трубочки, ветви пригнулись, он едва мог шелестеть.

— Святая Грибница, это ужасно, — вымолвил он.

— Вы прочли доклад зондов? — скрипнул Оружейник.

— О да.

— Мясуны?

— Их много, очень много...

— У нас на борту тридцать тысяч тонн вирусной массы, — отрапортовал Оружейник, — мы очистим планету от этих тварей за три дня, и не такое чистили!

— Дело не в них. Дело в наших братьях на планете. Они... Нет, я не могу, это такая мерзость!

— Перекрестное опыление? — спросил пронизательный Врач.

— Да ПО — это не самое страшное. Тем более Грибница официально запретила преследование за ПО.

— Чертовы подики, — скрипнул старомодный Оружейник.

— Эта планета — гнездо разврата, братья! Они до такой степени срослись с мясунами, что и не разобрать, где кто! Их опыляют мясуны, не по любви, а по слепому случаю! Их семена путешествуют на новые места в мясуновских кишечниках! Они взаимно паразитируют, а некоторые из них даже едят мясунов!

Садовник отодвинулся в угол, его бутоны вывернулись наизнанку.

— Это не рай. Это — ад, куда все мы попадем после увядания, если еще на минуту останемся тут.

Боевой крейсер «Соцветье» закрыл фасетчатый глаз, дернул щупальцами и нырнул в подпространство.

Художник П. Перезенцев

Чайные церемонии ХИМИКОВ

Кандидат химических наук

А.И.Курамшин

В чем различие европейского и китайского «черного чая»? Что полезнее — улун или пуэр? Говорит ли окраска чая о качестве напитка и можно ли ее усилить, не добавляя новой заварки? При какой температуре заваривать разные сорта чая? Чем полезен чай для здоровья и что происходит, когда к нему добавляет молоко? Современная химия простирает руки свои к самому популярному безалкогольному напитку человечества.

Волшебный чай — замечательный ответ на все заморочки в жизни. О тебе распускают сплетни — а у тебя есть чашка чая, тебя уволили с работы — а у тебя есть чашка чая, от тебя ушла жена — а у тебя есть чашка чая.

Сесилия Ахерн. P.S. Я люблю тебя

Зеленый, белый, красный

Есть много разновидностей чая, которые различаются цветом, ароматом и вкусом. Это разнообразие зависит в основном от способов обработки чайного листа, в частности от степени ферментации. Зеленый чай получают из листьев того же чайного куста, что и привычный для нас черный, но его подвергают минимальной окислительной ферментации (подробнее о ней мы расскажем дальше). Будущий зеленый чай окисляют не более двух дней, после чего процесс останавливают — в результате чай (если говорить точнее, его компоненты, способные к мягкому окислению кислородом воздуха в присутствии ферментов) окисляется на 3—12%. Белый чай по степени ферментации стоит на втором месте после зеленого. Свое название он получил по виду чайной почки, которая густо покрыта белым ворсом. В китайской народной медицине белый чай соответствует одному из пяти первоэлементов — «металлу», который традиционно ассоциируется с белым цветом. Белый чай наиболее богат антиоксидантами и кофеином. Производители элитных сортов считают его наичистейшим, хотя степень окислительной ферментации в нем 12—17%.

На третьем месте по степени ферментации находится очень редкий сорт — желтый чай, который изготавливают из сырья высокого качества исключительно в Китае, в провинциях Сычуань, Хунань, Чжецзян и Фуцзянь. Долгое время

он был доступен только владыке Поднебесной и его ближайшему окружению, желтый чай скрывали от иностранцев, а за разглашение тайны его производства строго карали. Следующий по степени ферментации — улун (черный дракон), который в идеальном варианте ферментируется на 50%. При получении улуна ферментацию не доводят до конца, окисляя не весь чайный лист, а лишь его края и часть поверхности. Считается, что улун объединяет в себе свойства зеленого (яркий аромат) и черного чая (насыщенный вкус). Знакомый нам всем черный чай (который многие считают «нормальным» или «обычным») на родине чая, в Китае, называют красным. Для его получения листья по традиционной технологии ферментируют от двух недель до месяца. И наконец, наиболее глубоко ферментированный, или пост-

ферментированный, чай (в процессе участвуют плесневые грибки *Aspergillus acidus*) — пуэр. Китайцы называют его черным, и он известен своим темным цветом и характерным земляным привкусом и ароматом.

Конечно, помимо обработки, вкус и аромат чая зависят от страны произрастания растения, чьи листья превращаются в заварку. Так, в Китае растет подвид чайного куста *Camellia sinensis sinensis*, который предпочитает высокогорья и относительно низкие температуры. Чайный куст из индийского штата Ассам относится к подвиду *Camellia sinensis assamica*, и это уже не чайный куст, а скорее чайное дерево — оно может достигать пятиметровой высоты. Ассамский чай любит расти на равнинах, при высоких температурах и высокой влажности. Чай очень восприимчив к условиям окружающей среды. Почва, влажность воздуха, среднесуточная температура, количество солнечных дней и частота выпадения осадков — все это влияет на качество чая и его вкус, которые, естественно, определяют его химический состав.



Типичный для Китая чайный куст *Camellia sinensis sinensis*

Plants & Flowers

Таким образом, вкус чая создают и условия произрастания, и особенности возделывания, и, конечно, способ ферментации листов или почек. С точки зрения химика, чай — сложная загадка, ведь редко какой продукт может похвастаться такой вариабельностью состава.

Не напиток, а сплошная химия

В чайном листе содержится огромное количество химических веществ. Основная масса сухого чайного листа (до 40%) приходится на полифенолы. Остальные 60% — это аминокислоты, белки, в том числе, естественно, ферменты, метилксантины, к которым относятся кофеин, витамины и неорганические вещества. А еще в чайных листьях содержатся в следовых количествах около 700 летучих органических соединений, в значительной мере определяющие вкус и аромат напитка.

Больше всего в чашке чая полифенолов, а точнее, танинов (разновидность полифенолов растительного происхождения). Именно они отвечают за терпкий вкус, окраску и аромат. Считается, что танины чая полезны ярко выраженными антиоксидантными свойствами. По строению они напоминают витамин Р и так же, как и он, укрепляюще действуют на сосуды. В одной чашке крепкого чая может содержаться до 240 миллиграммов танинов. В цейлонском, индийском и яванском сортах концентрация танинов выше, отсюда их особый привкус. Чайные листья, собранные в июле или августе, содержат значительно больше танинов, чем майские или сентябрьские. Возраст листа также имеет значение: количество дубящих веществ максимально не в молоденьких побегах, а в листьях постарше.

Большая часть чайных танинов — это конденсированные танины-флавоноиды, не разрушающиеся в воде, точнее, димеры 3,4-флавонодиола или 3-флавонола. Значительный вклад в цвет и аромат чашки чая вносят два класса веществ фенольной природы — теафлавины и теарубигины, которые образуются из флавонолов при обработке чайных листьев.

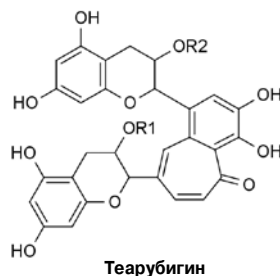
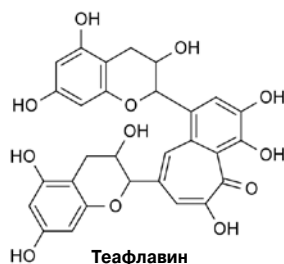
К флавоноидам чая также относятся антоцианины, которые меняют свою окраску в зависимости от кислотности среды: в кислой среде они бледнеют, а при увеличении щелочности темнеют. Именно поэтому свежезаваренный чай теряет цвет, когда вы добавляете в него кусочек лимона. И те же самые антоцианины помогают некоторым недобросовестным проводникам поездов дальнего следования продавать жидкий

чай. Рецепт прост: бессовестный работник РЖД добавляет в заварочный чайник немного соды, карбонат-ион гидролизует до гидрокарбоната и иона OH^- , защелачивание вызывает потемнение заварки, и разбавленный чай принимает приличный товарный вид (чего, конечно, нельзя сказать о вкусе и аромате).

Не только возбуждает, но и успокаивает

Физиологическое воздействие напитка из листьев *Camellia sinensis* не ограничивается его антиоксидантным эффектом. С древних времен известно его стимулирующее действие, а обеспечивает его кофеин (1—6% от сухой массы чайного листа). В мозге кофеин связывается с рецепторами аденозина — вещества, которое в норме вызывает сон и подавляет возбуждение (подробнее см. «Химию и жизнь», 2015, 11). Еще два соединения, похожих на кофеин, как и он, относящихся к метилксантинам и тоже стимулирующих нервную систему, — теобромин (кстати, в шоколаде его гораздо больше) и теofilлин. Они придают чаю горьковатый вкус. Если заварить 2,5 грамма чая, то в чашке напитка 20—70 миллиграммов кофеина — точное количество зависит от сорта чая и времени заваривания. Для сравнения, в чашке кофе объемом 170 мл содержится 40—155 миллиграммов кофеина, то есть в крепком чае его может быть больше, чем в слабом кофе.

Кофеин с теofilлином и теобромином — не единственные компоненты чая, способные влиять на психику. В нем содержится аминокислота теанин (до 1% от массы сухих листьев). Совместное присутствие кофеина и теанина уравнивает стимулирующее и расслабляющее действие напитка, поэтому чай в этом плане уникален.



ЧТО МЫ ПЬЕМ

Если кофеин отгоняет сон, то теанин понижает уровень тревожности человека, поскольку стимулирует выработку в мозге гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК), самого известного тормозного медиатора — кстати, препараты на его основе обладают успокоительным и ноотропным действием. Нервная система возбуждается «правильнее», и человек функционирует гораздо более продуктивно после чашки чая, чем после чашки кофе. Теанин также облагораживает вкус чая, делает его не таким вяжущим.

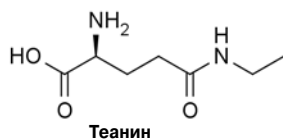
Черный, зеленый, собранный вручную: в чем разница?

Современные методы аналитической химии, например, масс-спектрометрия высокого разрешения, позволили установить химическое строение многих веществ, входящих в состав чая. Лучшее всего изучен зеленый чай, но в целом этот напиток все еще остается уравнением со многими неизвестными. Например, плохо изучены химические



В стандартной чашке чая содержится 20—70 миллиграммов кофеина

процессы, протекающие при получении пуэра. Многие летучие органические вещества, отвечающие за запах и аромат чая, возникают только в ходе ферментации. Как мы помним, чтобы сделать пуэр, нужна длительная ферментация с участием микроорганизмов, и в результате образуется огромное количество веществ — по оценкам экспертов, около 30 тысяч, из которых изучено менее 5%.



Рассмотрим подробнее этот загадочный процесс. Строго говоря, ферментация чайных листьев — это окисление: полифенолы, содержащиеся в свежих чайных листьях, подвергаются воздействию кислорода воздуха в присутствии ферментов-оксидаз и превращаются в теафлавины и теарубигины. Окисление начинается сразу после сбора и ускоряется при механическом разрушении клеточных стенок листьев из-за их естественного увядания или принудительного завяливания — полифенолы, ферменты и кислород смешиваются и легче контактируют. Простым глазом мы видим, что чайные листья темнеют, а на молекулярном уровне — появляются новые вещества, отвечающие за аромат и вкус чая.

К счастью, окислением-ферментацией можно управлять, изменяя внешний вид, аромат и вкус напитка. В результате список сортов чая гораздо обширнее, чем знакомый автору статьи и многим читателям с детства и юности, — «Тридцать шестой» и «Индийский со слонем». Например, нагревая листья в процессе ферментации, можно затормозить процесс окисления — высокие температуры дезактивируют оксидазы. Так, ферментацию зеленого чая останавливают, обрабатывая его струей водяного пара с температурой 150—180°C.

Химический состав обработанных чайных листьев, а значит, и цвет, и аромат чая также зависят от того, вручную или машинным способом измельчали (мацерировали) чайные листья. Существует два типа мацерации: традиционный — много-много людей сидят и разрывают листья на половинки и более мелкие кусочки, и машинный — чайные листья измельчают и свертывают с помощью специального оборудования с ножами. Во втором случае клеточные стенки разрушаются менее деликатно, повреждений намного больше. Как результат, при одинаковых условиях заваривания (соотношение воды к заварке, температура воды, время настаивания) напиток из чайных листьев, обработанных вручную, более ароматный, но светлее, тогда как чай из листьев, измельченных машинным способом, сильнее окрашен, но гораздо менее ароматен. Понятно, что чай с машинной обработкой дешевле, а чай, измельченный вручную, считается высококачественным и стоит соответственно.

Что же касается одноразовых чайных



пакетиков, то иногда их заполняют так называемой высевкой (очень мелко искрошенным листовым чаем) или даже чайной пылью — самым мелким и дешевым чайным сырьем. Эта чайная мелочь хотя и обеспечивает хороший цвет чашке чая на работе (а иногда и придает стойкий цвет самой чашке), однако не может похвастаться вкусом и ароматом. Возможно, что «чайное мировоззрение» многих читателей сейчас даст трещину или перевернется, но действительность такова: интенсивная окраска чая отнюдь не говорит о его благородстве (люди, знакомые с «улучшением» чая добавками соды, давно это знают).

Как уже говорилось, именно глубина окисления чайного листа дает основную разницу между сортами чая. Наиболее окисленные сорта — это черный чай (красный в китайской терминологии) и пуэр (который китайцы считают черным). При получении этих сортов листьям сначала дают пожухнуть, после чего их «раскатывают», в результате чего листья растираются и размалываются — тем самым обеспечивается эффективный контакт полифенолов, окислителя и ферментов и начинается особо интенсивное окисление. Затем, если хотят получить черный чай, дальнейшее окисление идет в камере с контролируемой влажностью и температурой, пока листья не приобретут коричневую окраску. После окисления в черном чае остается гораздо меньше полифенолов катехиновой структуры зеленого цвета, чем в других сортах, но зато в сухом веществе привычного нам черного чая содержится до 20%

*Артуру Денту не нравится чай, приготовленный автоматическим синтезатором пищи.
(Кадр из фильма «Автостопом по галактике»)*

теарубигинов и около 2% теафлавинов, образующихся в ходе окисления. Окисление также приводит к тому, что за счет окислительной олигомеризации и полимеризации флавонолы превращаются в бисфлавонолы и производные с большим числом повторяющихся структурных флавоноловых единиц.

Что касается зеленого чая, то при его получении чайные листья практически не окисляются — ферментацию останавливают нагреванием (иногда не водяным паром, а просто на обычной сковороде) почти сразу же после сбора листьев. Принудительная остановка не дает катехинам вступать в химические превращения, и их зеленый цвет сохраняется. Желтый и белый чаи также окисляются незначительно, и эти сорта содержат больше полифенолов, чем черные сорта чая, — почти столько же, сколько в свежесобранном и необработанном листовом чае. Кстати, если надо быстрее взбодриться, то пейте зеленый чай — он обычно содержит больше кофеина, чем черный.

При получении улун чайные листья обычно успевают окислиться в процессе завяливания. Процедура такова: завяленные листья скручивают, после чего нагревают, опять же чтобы остановить окисление. Вот почему полифенолов в улуне больше, чем в традиционном черном чае. В улуне также содержатся уникальные и характерные только для него флавоноиды — улунгомоисфлавины, а

еще для него характерно переменное содержание катехинов и теарубигинов, зависящее от того, насколько глубоко зашло окисление. Эти вещества придают улуну особый привкус и аромат, который нельзя ощутить у черного чая.

Как видим, в производстве чая не применяют реагенты или растворители (кислород воздуха не в счет). Единственные побочные продукты окисления — вода и углекислый газ. Поэтому чай можно считать самым чистым продуктом из всех, которые мы потребляем. Впрочем, в некоторые сорта чая производители добавляют компоненты, приносящие оригинальные вкусовые оттенки, — бергамот, цедру цитрусовых, мяту и прочие.

Заваривать нужно правильно

И бергамотовый чай, и чай с ароматом лесных ягод, и тот, что не содержит ничего, кроме сухих чайных листьев той или иной степени окислительной ферментации, вступают на нашей кухне в абсолютно одинаковые химические и физические превращения. На то, что мы в конечном счете будем пить, влияют температура воды, которую мы используем для заваривания, и время заваривания. Когда мы добавляем к чаю горячую воду, происходит экстракция фенольных производных и других веществ. В первую очередь вода извлекает из сухих чайных листьев кофеин, затем наступает очередь полифенолов; при обработке заварки очень горячей водой первыми в чашку попадают полифенолы, и тогда чай получается более горьковатый и вязкий. Чтобы не пить очень горький чай, рекомендуют брать для заваривания воду с температурой 80—90°C (она вполне справится с экстракцией компонентов чайного листа).

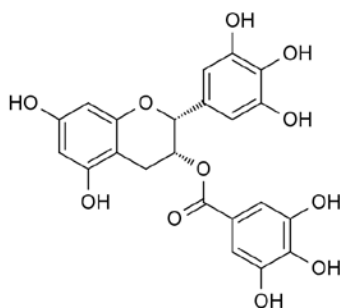
Горячая вода может также приводить ко вторичным реакциям полифенолов, и, как следствие, в чае их станет намного меньше. Как показывают исследования чайных антиоксидантов, для того, чтобы различные сорта напитка сохраняли полезные свойства, необходимо различное время заваривания. Например, черный чай лучше пить свежим — наиболее высокое содержание антиоксидантов в нем наблюдается сразу после приготовления заварки, а со временем их количество уменьшается. Белый чай, напротив, должен отстояться — его антиоксидантная способность тем выше, чем дольше чайные листья контактировали с водой. Для антиоксидантов зеленого чая время заваривания не определяющий фактор, в этом случае экстракция полезных веществ больше зависит от температуры воды, и, чтобы предотвратить их тер-

мическое разрушение, рекомендуется брать кипяченую воду с температурой 60—85°C. А вот кипятком зеленый чай можно только испортить.

Исследования показывают также, что при длительном контакте горячей воды с чайными листьями в чашке незначительно повышается содержание кофеина и в большей степени — полифенолов, которым требуется больше времени для экстракции (это олиго- и полимеризованные теарубигины с большой молекулярной массой), причем последние придают напитку неприятный затхлый привкус. Сильнее измельченные чайные листья (в первую очередь те, которыми наполняют пакетики) имеют большую площадь соприкосновения с водой, поэтому компоненты чая экстрагируются из них с большей скоростью — чай из пакетика заваривается существенно быстрее, чем крупные листья в заварочном чайнике или френч-прессе.

Никакого молока!

Многие любят пить чай с молоком, в Британии это вообще считают национальной традицией. О вкусах не спорят, однако надо иметь в виду, что добавка молока в чай уменьшает его полезное действие. Содержащиеся в молоке белки-казеины образуют комплексы с полифенолами чая, затрудняя их усвоение (но зато чай будет менее горьким). На антиоксидантную активность чая влияет и жирность молока — чем она выше, тем меньше полезных веществ остается в чашке.



Эпигаллокатехин-3-галлат, который дезактивируется молоком

Исследований, посвященных полезному влиянию чая на организм человека, сейчас не меньше, чем статей о его ферментации. Огромное количество соединений, входящих в состав чая, интересны не только благодаря антиоксидантным и бодрящим свойствам. Катехины, теафлавины, теарубирины и полисахариды чая, как оказалось, проявляют противоопухолевую активность, они способны корректировать давле-



ЧТО МЫ ПЬЕМ

ние, увеличивать эластичность сосудов. Так, например, содержащийся в чае эпигаллокатехин-3-галлат оказывает расслабляющее действие на сосуды и расширяет их, снижая тем самым риск закупорки артерий и сердечно-сосудистых заболеваний. Есть результаты медицинских исследований, подтверждающие, что у людей, регулярно потребляющих черный чай в течение шести и более лет (при среднесуточном расходе заварки 10 граммов на человека), увеличивается эластичность сосудов и реже наблюдается истончение артерий, чем у тех, кто пьет чай от случая к случаю или предпочитает другие напитки. Считают, что этим полезным свойствам черный чай обязан катехинам (они также могут образовывать комплексы с казеинами молока). Но все-таки больше изучают теафлавины черного чая — они обладают противовоспалительными и антиоксидантными свойствами. Большой интерес у медиков и специалистов по фармацевтической химии вызывает зеленый чай, поскольку в нем очень много неокисленных катехинов, в частности того же эпигаллокатехин-3-галлата. В 2016 году бразильские ученые даже обнаружили (правда, *in vitro*), что высокие концентрации этого вещества существенно затрудняют проникновение в клетку вируса Зика.

Человечество пьет чай на протяжении тысяч лет, но только в последние десятилетия химикам удалось приоткрыть завесу тайны, скрывающей его сложный химический состав. В романе Дугласа Адамса «Автостопом по галактике» нутримат — невежественный автоматический синтезатор пищи, по его собственным заверениям, способный приготовить все что угодно, подсовывал Артуру Денту чашку с жидкостью, которая почти ничем не отличалась от абсолютной противоположности чая. Возможно, виной тому были не программный сбой или дурной характер нутримата — чудо-аппарат просто не мог воспроизвести всю сложную химию столь популярного у землян напитка.



Окно в неизвестное

Туз червей — к любви, бубновый — к богатству, пиковый — жди беды... Кому бы из нас не хотелось уподобиться Нострадамусу и заглянуть в будущее? Кто-то берется за карты, кто-то в полночь ищет в зеркале черты суженого, а кто-то изучает регрессионный анализ. Мы поговорим лишь о последнем способе. Вряд ли он предскажет нам апокалипсис или вечную любовь (хотя кто знает...), зато он единственный действительно имеет предсказательную силу.

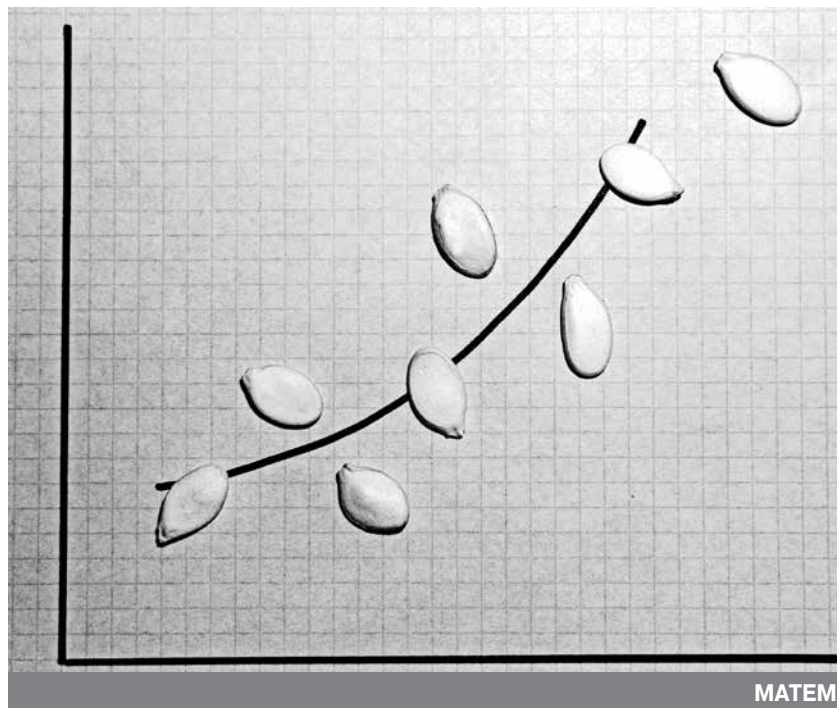
Термин «регрессия» ввел английский исследователь, географ, статистик и антрополог Фрэнсис Гальтон в своей статье «Регрессия к середине в наследовании роста» (1885). Он обнаружил, что взрослые дети высоких родителей обычно тоже выше среднего роста, но не так сильно, как их родители, отклоняются от этого среднего. То же самое с низкими людьми — их потомки в среднем выше, чем они, но ниже среднестатистического роста всех людей своего поколения. Получается, что со сменой поколения сильные сдвиги (крайне высокие или, напротив, очень низкие люди) сглаживаются и отклонение от среднего уменьшается; отсюда и термин, произошедший от латинского *regressio* — обратное движение, отход. Гальтон установил, что отклонение от среднего в росте детей равно двум третям отклонения в росте родителей:

$$y - y_{cp} = (2/3) * (x - x_{cp}).$$

Здесь y — зависимая переменная (рост ребенка), x — независимая переменная (рост родителя), x_{cp} — среднее значение роста поколения родителей, y_{cp} — поколения детей.

Позднее регрессией стали называть любую функциональную зависимость между величинами, а под регрессионным анализом теперь понимают нахождение функциональной зависимости интересующего исследователя показателя y от измеряемых переменных $x_1, x_2, \dots, x_m$, которые называются предикторами (от англ. *predict* — предсказывать, прогнозировать). В предыдущем случае был только один предиктор — рост родителей, но можно придумать еще, например, количество калорий, потребляемых в детстве.

Проблема не столь тривиальна, как может показаться на первый взгляд. Всегда будет куча всяких случайностей, влияющих на нашу зависимую величину, (мы будем называть их шумом), и в

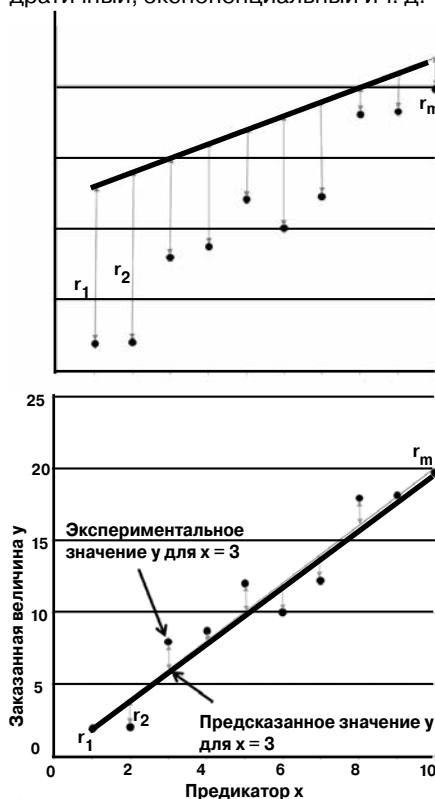


МАТЕМАТОРЫ

задачу регрессионного анализа входит отделить этот шум и понять:

— от каких величин реально зависит наша переменная;

— каков вид этой зависимости — квадратичный, экспоненциальный и т. д.

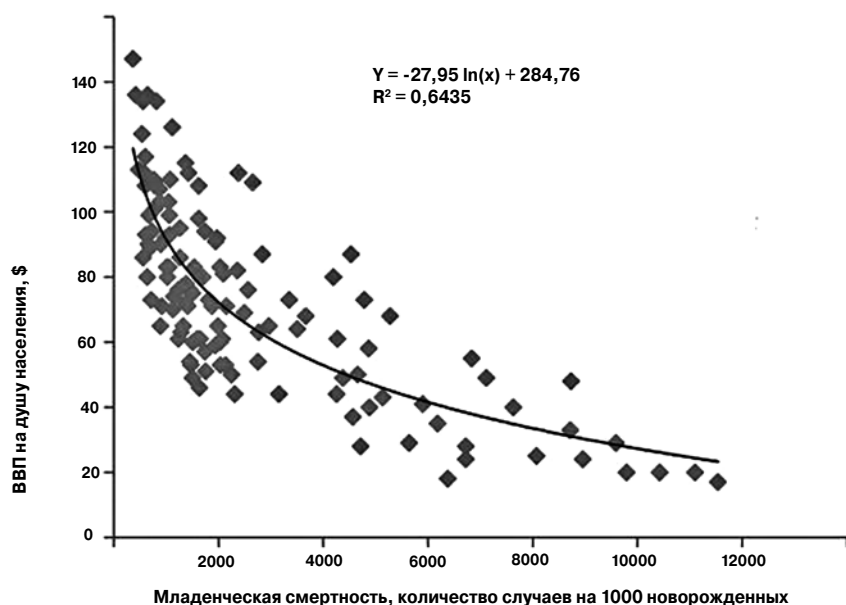


1
Пример неудачной (вверху) и удачной (внизу) аппроксимации.
Внизу выполненное условие $r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_m^2 \rightarrow \min$

Допустим, мы считаем (а обычно это и видно по графику экспериментальных данных), что зависимость линейная, то есть имеет вид $y = kx + b$, где k и b — неизвестные нам параметры. Чтобы найти значение этих параметров (а следовательно, и уравнение прямой), обычно используют метод наименьших квадратов. Здесь мы не будем на нем подробно останавливаться — нам важно лишь то, что этим методом подбирается такая прямая (или кривая), для которой сумма квадратов расстояний между экспериментальным и предсказанным значениями будет наименьшей, то есть $r_1^2 + r_2^2 + \dots + r_m^2 \rightarrow \min$. Сравните графики 1а и 1б — это условие выполняется только во втором случае. Если условие выполняется, то мы говорим, что экспериментальные данные аппроксимированы прямой (кривой).

Мы выбрали закон, построили прямую, осталось понять, хорошо ли она описывает наши данные. Если бы все точки лежали на ней, вопросов бы не возникло, но в природе так не бывает — те самые шумы по чуть-чуть отклоняют каждую экспериментальную точку. Нам поможет R^2 — величина, связанная с суммой расстояний между экспериментальным и предсказанным значениями, но не равная ей. Скорее даже наоборот: она лежит в пределах от 0 до 1, и чем ближе к 1, тем лучше описывает найденная формула наши данные.

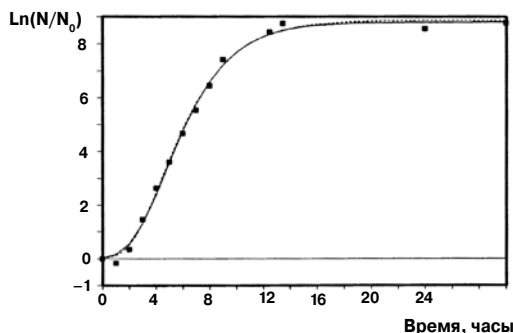
И наконец-то — зачем все это нужно. Мы не можем провести бесконечное число экспериментов, чтобы знать,



2
Регрессионный анализ зависимости младенческой смертности от ВВП на душу населения.

какой будет y для каждого x . Но, найдя закон этой зависимости, мы можем подставить в формулу любой x и найти соответствующий ему y . В нашем примере закон совсем простой: $y = 2x$. Теперь, не имея данных для экспериментальной точки $x = 2,5$, мы все равно можем сказать, что зависимая переменная будет близка к 5. Предикатором x вполне может быть время — тогда, подставив значение x чуть большее, чем максимальное в нашем эксперименте, мы предскажем будущее.

А теперь реальный пример. Индийские ученые исследовали зависимость младенческой смертности от ВВП на душу населения, представленного по паритету покупательной способности (короче говоря, от того, насколько бедны или богаты в среднем жители страны). Они собрали данные 132 исследований по 36 развивающимся странам, построили график, предположили, что зависимость имеет вид $y = k \cdot \ln(x) + b$, и нашли неизвестные коэффициенты



3
Кривая роста бактерии *Lactobacillus plantarum*, полученная двумя разными аппроксимациями (кривая и пунктир), точки — экспериментальные данные

(рис. 2). R^2 здесь не слишком высок, но это и понятно — данные весьма масштабные, внутри целой страны могут быть и другие причины младенческой смертности. К тому же значения в разных странах взяты не за один и тот же промежуток времени, а за различные годы с 1990-го по 2012-й. Для таких данных точность очень даже неплохая.

Давайте предскажем значение младенческой смертности для России, которой в этом обзоре нет. Возьмем цифры за 2001 год — как среднее среди лет, в течение которых проводились исследования. ВВП на душу населения тогда был около 12 000\$, подставив это значение в формулу вместо x , получаем, что значение младенческой смертности должно быть около 22. На самом деле тогда оно равнялось 19, получается неплохое совпадение.

Однако все надо делать с умом — и проводить анализ, и предсказывать. Если взять страны с очень большим ВВП, эта формула уже не будет действовать. Возможно, поменяются значения коэффициентов, а может быть, вступит в силу другой, более общий, закон — как в следующем случае.

Дальше мы обсудим не столь мрачную тему — рост бактериальной популяции. Бактерии, которым не мешают и дают достаточно еды, будут регулярно делиться через небольшие промежутки времени (для *E. coli* — около получаса). Получается ничем не ограниченный экспоненциальный рост. Если мы начнем выращивать бактерии в пробирке и оценивать их количество в течение первых нескольких часов, а потом аппроксимируем эти данные, то можем сделать неверный вывод, что бактерии так и будут продолжать экспоненциально размножаться, и испугаемся. Однако если проследить за ними дальше и

подождать, пока им станет тесно в пробирке и закончится еда, мы увидим, что они перестали делиться и их количество вышло на плато, то есть остается постоянным во времени (рис. 3). Такой рост описывается s-образной, или логистической кривой. Ее разработал бельгийский математик Пьер Ферхюльст для описания численности населения, но и для бактерий она вполне подходит:

$$y(t) = \frac{K P_0 e^{rt}}{K + P_0 (e^{rt} - 1)}$$

где P_0 — начальная численность популяции, K — максимально возможная численность, r — скорость роста.

Значит ли это, что мы ошиблись в первый раз, аппроксимируя наши данные экспоненциальной функцией? Совсем нет. Логистическое уравнение при малых t вырождается в экспоненциальное: $y(t) = P_0 e^{rt}$. Ошибка была лишь в том, что в своих предсказаниях не стоит отходить слишком далеко от экспериментальных точек — а то ненароком можно и вправду напроорочить апокалипсис, вызванный безудержным размножением бактерий.

Напомню, что, даже если у нас получилось достаточно точно аппроксимировать экспериментальные данные определенной кривой, это совершенно не исключает влияния других факторов. Камешек, брошенный под углом, полетит почти по параболе — сделать идеальную параболу ему помешают шероховатость его поверхности, трение о воздух, кривизна поверхности земли. Но эти факторы обычно оказывают настолько незначительное влияние, что мы ими пренебрегаем. Так же и при регрессионном анализе — мы предполагаем один фактор x_1 , влияющий на результат; если аппроксимация нас не устраивает, ищем дополнительные предикаторы — $x_2, \dots, x_m$. Но вряд ли мы учтем их все, особенно когда дело касается живых систем. Уточняя и уточняя до бесконечности, мы превратимся в демона Лапласа — вымышленное разумное существо, которое способно, восприняв в любой данный момент времени положение и скорость каждой частицы во Вселенной, предсказать ее эволюцию в будущем и описать эту эволюцию в прошлом. На это потребуются многократно времени, к тому же мы не сможем учесть процессы квантовой механики, поэтому наш анализ все равно не будет безукоризненным. Так что будем ставить себе посильные задачи и делать лишь в меру идеальные, почти точные предсказания.

В конце концов, должна же в нашей жизни быть хоть какая-то интрига.

С.Рубина

Вдали от равновесия

Кандидат биологических наук

С.В.Багоцкий



В нашем сознании существовал и существует разрыв, разделяющий скучный мир, который изучают в лабораториях, и неисчерпаемое богатство проявлений реальной жизни. По-видимому, наиболее значительный вклад в строительство моста, соединяющего эти два мира, внес выдающийся бельгийский физик-теоретик русского происхождения Илья Романович Пригожин (1917–2003).

Первое начало

Пригожин родился в Москве 25 января 1917 года в семье предпринимателя (химика по образованию) и пианистки. В 1921 году семья Пригожиных эмигрировала из России и после нескольких лет странствий в 1929 году поселилась в Бельгии.

В юности Илья Пригожин мечтал стать музыкантом. Эта мечта не осуществилась. Но, посвятив жизнь науке, Пригожин сохранил свой артистизм. Недаром его часто называли «поэтом термодинамики».

Научная деятельность И.Р.Пригожина началась в 1940-х годах. В центре его внимания всю жизнь находились проблемы термодинамики — раздела физики, который изучает системы, состоящие из огромного количества частиц, и пытается понять, что возможно, а что невозможно в таких системах.

Классическая термодинамика была создана в середине XIX века. Ее основой стал закон сохранения энергии, который впервые сформулировал немецкий врач Юлиус Роберт Майер (1814—1878) и, в более четкой форме, Джеймс Джоуль (1818—1889) и Герман Гельмгольц (1821—1894). Современный вид ему придал в начале 1850-х годов великий английский физик-теоретик Уильям Томсон, барон Кельвин (1824—1907).

Прежде всего именно Кельвин ввел в научный обиход слово «энергия». Это слово использовал в древности Аристотель, затем оно было надолго забыто. Исследователи XVII и XVIII веков употребляли другие термины, например «живая сила». В 1807 году Томас Юнг (1773—1829) попытался реанимировать термин «энергия», но без особого успеха. Под энергией Юнг понимал способность движущегося тела совершить механическую работу — переместить другое тело и при этом преодолеть силу, сопротивляющуюся перемещению. Этот вид энергии мы сегодня называем механической.

Кельвин создал современное понятие об энергии как о фундаментальной физической величине, а также о разных формах энергии (механической, тепловой, электрической и т. д.) и о способности энергии переходить из одной формы в другую. Вскоре шотландский физик и инженер Уильям Ренкин (1820—1872) ввел понятие *потенциальной энергии*, то

есть энергии, в настоящий момент не проявляющей себя, но способной проявиться в определенных условиях. Он же начал использовать понятие *внутренней энергии* и проанализировал взаимосвязь между изменением внутренней энергией системы, выделением тепла и совершаемой системой работой.

В 1850-х годах было сформулировано *первое начало термодинамики*. Согласно ему, сумма выделившегося тепла и работы, совершенной системой при переходе из одного состояния в другое, не зависит от пути, по которому этот переход происходил. Иными словами, внутренняя энергия — это функция состояния системы. По существу, первое начало термодинамики представляло собой тот же закон сохранения энергии, но в несколько иной формулировке.

Рождение классической термодинамики

Первое начало термодинамики в принципе не исключало возможности совершения работы за счет самопроизвольного охлаждения тела до температуры более низкой, чем у окружающей среды. Но такого никогда не наблюдалось. Поэтому встал вопрос о введении в термодинамику дополнительных ограничений.

Первый шаг по формулировке таких ограничений сделал еще в 1824 году французский физик и инженер Никола Сади Карно (1796—1832). Он проанализировал работу тепловых машин и пришел к выводу, что она возможна лишь при наличии «нагревателя» и «холодильника», притом предельный КПД тепловой машины зависит не от того, какое рабочее тело в ней используется, а исключительно от разности температур между нагревателем и холодильником. Перед смертью Сади Карно сжег черновики своих трудов. Сохранилась лишь записная книжка, в которой содержалась идея второго начала термодинамики.

В 1850 году немецкий физик Рудольф Клаузиус (1822—1888) реанимировал труды Карно и придал его утверждениям ранг фундаментального закона физики. В 1865 году он вводит еще одну функцию состояния системы — энтропию.

Предположим, что исследуемая система состоит из двух частей, имеющих разную температуру. Тогда некоторое количество тепла Q перейдет от более нагретого тела к менее нагретому. При этом энтропия более нагретой части уменьшится на величину Q/T_1 , а энтропия менее нагретой — увеличится на Q/T_2 (где T_1 и T_2 — абсолютные температуры более и менее нагретой частей). Ясно, что суммарная энтропия системы возрастет.

Клаузиус сформулировал положение о том, что в замкнутой системе, не обменивающейся ни веществом, ни энергией с окружающей средой, энтропия не может убывать. Вдали от равновесия она будет возрастать, а в состоянии равновесия достигнет максимально возможного значения и далее меняться не будет. Это утверждение стало называться вторым началом термодинамики.

Из второго начала термодинамики вытекало важное понятие термодинамического равновесия. И это открыло пути для широкого внедрения термодинамики в химию.

В 1864 году норвежцы Като Гульдберг и Петер Вааге сформулировали *закон действующих масс*, из которого следовал вывод о том, что любая химическая реакция является обратимой и что рано или поздно должно установиться равновесие между исходными реагентами и продуктами реакций. Термодинамика смогла предложить ответ на вопрос: чем определяется соотношение исходных реагентов и продуктов реакции при равновесии?

Пробирка, в которой протекает химическая реакция, не является замкнутой системой, поскольку обменивается теплом с окружающей средой. Если реакция идет с выделением тепла, то пробирка отдает тепло в окружающую среду, если с поглощением тепла — соответственно забирает его. Поэтому при движении к равновесию энтропия *внутри* пробирки может и убывать. Чтобы охарактеризовать равновесие, нужно отслеживать изменение другой функции состояния. В 1870-х годах Джозайя Уиллард Гиббс (1839—1903) и Герман Гельмгольц предложили на эту роль *свободную энергию*, которая в равновесной системе принимает минимальное значение.

Гиббс и Гельмгольц ввели свободную энергию несколько по-разному. Гельмгольц рассматривал ее как величину, равную $U - TS$ (U — внутренняя энергия, T — температура, отсчитываемая от абсолютного нуля, S — энтропия), Гиббс же добавил к ней величину pV (p — давление, V — объем). Минимум свободной энергии Гельмгольца соответствовал равновесию при постоянном объеме и температуре, минимум свободной энергии Гиббса — при постоянных давлении и температуре. На практике лучше пользоваться свободной энергией Гиббса, поскольку реакционная смесь может расширяться, а давление определяется неизменным давлением воздуха.

Гиббс ввел очень важные понятия *химического потенциала вещества*, отражающее заключенный в нем запас свободной энергии, и *разности химических потенциалов* между исходными реагентами и продуктами реакции. В состоянии химического равновесия разность потенциалов обращается в нуль.

За работами Гиббса и Гельмгольца стояла такая мысль: один грамм-моль разных веществ может содержать не-



одинаковые запасы энтропии, иными словами, энтропия связана не только с теплом, но и со строением веществ. Эта мысль развивал в 1870-х годах и австрийский физик Людвиг Больцман (1844—1906), опиравшийся на идею об энтропии как мере хаотичности в распределении вещества. Больцман первым сформулировал мысль о том, что за вторым началом термодинамики стоят статистические закономерности, с большой точностью работающие в системах из огромного числа частиц.

Классическая термодинамика Томсона — Клаузиуса — Гиббса — Гельмгольца — Больцмана, по существу, занималась только проблемой термодинамического равновесия. Она утверждала лишь то, что система в состоянии равновесия, определяемом минимумом или максимум каких-то функций состояния, сама из этого состояния не выйдет. Некоторые физики даже критиковали сам термин «термодинамика», ибо никакой динамики в ней нет, одна только статика.

О том, как будет вести себя система, не находящаяся в состоянии равновесия, классическая термодинамика ничего сказать не могла. Поиском ответа на этот вопрос занялась термодинамика неравновесных систем, одним из создателей которой стал Илья Романович Пригожин.

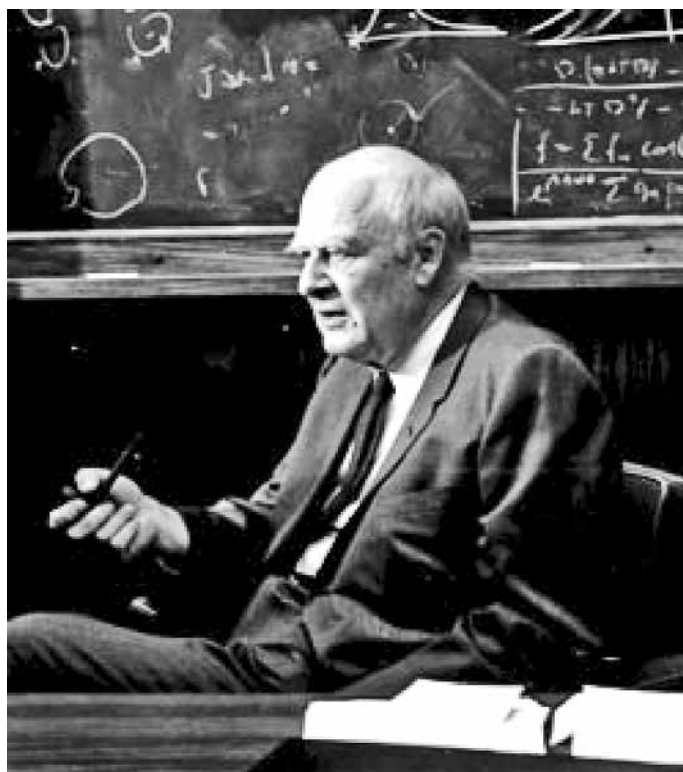
Рядом с равновесием

Первым шагом на пути создания неклассической термодинамики стало исследование процессов в неравновесных системах вблизи от состояния равновесия. Важные шаги в этом направлении сделал работавший в США норвежский физик-теоретик Ларс Онзагер (1903—1976). Методами статистической физики он вывел простые, но очень важные количественные соотношения между скоростями разных процессов и разностями потенциалов в неравновесных системах вблизи термодинамического равновесия. За эту работу Онзагеру в 1968 году была присуждена Нобелевская премия. Правда, почему-то не по физике, а по химии.

На основании работ Онзагера И.Р.Пригожин сформулировал в 1947 году знаменитую теорему, носящую его имя. Она легла в основу термодинамики неравновесных, но близких к равновесию систем.

Эта теорема утверждала, что если мы искусственным образом поддерживаем некоторые потенциалы постоянными, то скорость расходования свободной энергии можно рассматривать как функцию состояния системы (отношение этой величины к абсолютной температуре называют *скоростью продуцирования энтропии*). В этом случае система придет в неравновесное устойчивое состояние, которое будет характеризоваться минимумом скорости продуцирования энтропии внутри системы. Хотя, наверное, было бы правильнее говорить о минимуме скорости расходования свободной энергии за счет внутренних процессов.

В неравновесном устойчивом состоянии внутри системы свободная энергия расходуется, но общий ее запас остается постоянным, так как система получает свободную энергию



Ларс Онзагер

извне за счет работы механизмов, поддерживающих постоянными некоторые потенциалы.

Таким образом, впервые методами термодинамики было сделано содержательное заключение о поведении системы в неравновесном состоянии, хотя и вблизи от термодинамического равновесия.

Но что будет происходить вдали от термодинамического равновесия, где зависимости между потоками и силами будут нелинейными? Уже в 1947 году Пригожин отмечал, что вдали от равновесия могут устанавливаться сложные динамические режимы и возникать пространственные структуры, способные к самопроизвольному усложнению. Из этого пророчества выросли представления о диссипативных структурах, а затем и новая область физики — синергетика.

Колебания и ячейки

Итак, в системах, далеких от равновесия, может наблюдаться сложная временная динамика. В частности, возможны колебания концентрации химических веществ в реакциях, протекающих в однородной среде. Пригожин предложил модель многоэтапной реакции с автокатализом, в которой наблюдались автоколебания промежуточных продуктов. Эта модель получила название «брюсселятор» (производное от Брюсселя, где работал Пригожин, и «осциллятора»).

Химическую реакцию с автоколебаниями концентраций промежуточных продуктов экспериментально обнаружил в 1951 году русский военный химик Борис Павлович Белоусов (1893—1970). Выглядела эта реакция весьма эффектно: раствор менял цвет с периодом от долей секунды до десятков минут, а в тонком слое (в мелкой посуде) возникали волны разных цветов. Однако химическая общественность не поверила в существование колебательной реакции, и работы Белоусова неизменно отклонялись научными журналами, только в 1959 году он смог опубликовать небольшую заметку в ведомственном сборнике. И лишь после того, как реакцией Белоусова всерьез занялись на кафедре биофизики физического факультета МГУ, эффект получил признание. В 1980 году Б.П.Белоусову была посмертно присуждена Ленинская премия. В настоящее время известны и другие химические реакции с автоколебаниями, в частности реакция Бриггса — Раушера.

Наиболее известным в середине XX века примером сложных пространственных структур, образующихся вдали от равновесия, стали ячейки Бенара. Если покрыть сковородку слоем расплавленного парафина или какой-то другой вязкой

жидкости, то при нагревании поверхность разделится на ячейки, в каждой из которых установятся потоки жидкости: в центре она будет подниматься, по краям опускаться. (Собственно, такие ячейки видны и в обыкновенном подсолнечном масле на сковородке.) Это явление обнаружил в 1901 году французский физик Анри Бенар (1874—1939). Нечто подобное ячейкам Бенара формируется, по-видимому, и в недрах Земли, именно с этими процессами связано движение континентов.

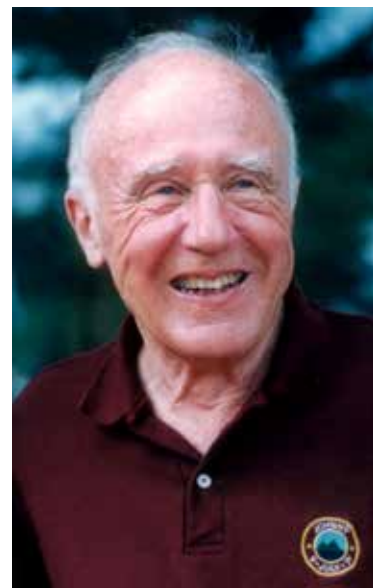
В 1952 году выдающийся английский математик Алан Тьюринг (1912—1954) использовал идеи И.Р.Пригожина для анализа процессов эмбрионального развития, разработав модель, позволяющую получать достаточно сложные пространственные структуры. Тьюринг внес выдающийся вклад в развитие многих разделов кибернетики и по праву считается одним из ее создателей. К сожалению, из-за уголовного преследования, которому этот талантливый математик подвергся по причине своей нетрадиционной сексуальной ориентации, Тьюринг покончил жизнь самоубийством.

Возможность появления сложных пространственных структур вытекала и из модели брюсселятора. А экспериментально они были обнаружены в системах, где шла реакция Белоусова. Большой вклад в теоретическое и экспериментальное изучение структур, образующихся в этой реакции, внесли отечественные исследователи Анатолий Маркович Жаботинский (1938—2008), Альберт Николаевич Заикин (р. 1934), Валентин Израилевич Кринский (р. 1938) и др. Активную поддержку этим исследованиям оказывали директор Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН в Пущино-на-Оке Генрих Романович Иваницкий и заведующий лабораторией физической биохимии этого института Симон Элиевич Шноль.

Крыло бабочки

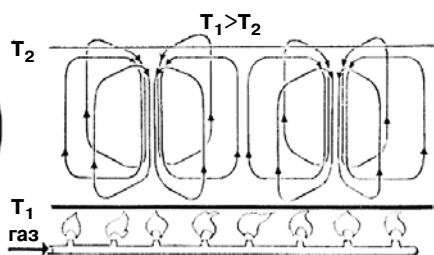
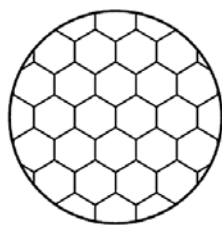
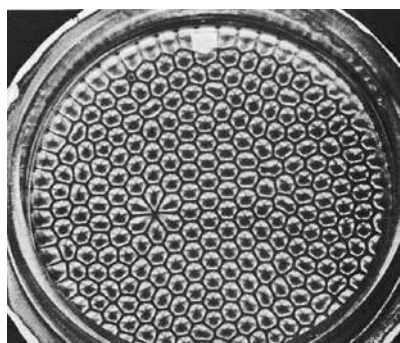
Системы, лежащие вдали от термодинамического равновесия, могут обладать еще одним очень интересным свойством. В 1961 году американский математик и метеоролог Эдвард Лоренц (1917—2008) рассчитывал на компьютере математическую модель, используемую для прогноза погоды. По каким-то причинам ему пришлось повторить расчет, и он начал считать с середины, введя в компьютер распечатанные на принтере промежуточные значения переменных. И произошло удивительное событие.

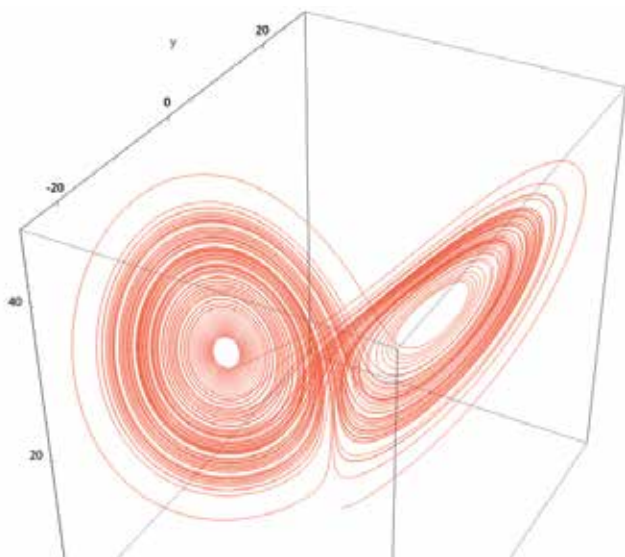
Результаты старого и нового расчетов различались, и сильно. Лоренц повторял расчет, но вышло то же самое. Наконец он понял, в чем дело: принтер распечатывал округленные значения переменных, которые чуть-чуть отличались от значений в памяти компьютера. Оказалось, что очень небольшие изменения переменных могут привести к значительным изменениям в будущем. Мир, описываемый уравнениями Лоренца, оказался крайне неустойчивым. В этом мире лишний взмах крыльев бабочки мог привести к торнадо. «Эффект бабочки» стал одной из самых популярных научных метафор. Сущность же его заключается в том, что траектории, по которым изменяются сложные системы,



Эдвард Лоренц

Ячейки Бенара





Траектория блуждания точки, описываемая системой дифференциальных уравнений, которую изучал сам Лоренц ($dx = 10(y-x)$, $dy = x(28-z)-y$, $dz = xy-8z/3$).

Точка описывает нечто вроде трехмерной восьмерки, но ее траектория непостоянна, она то делает круг за кругом, то переходит в другую петлю. Эта фигура напоминает расправленные крылья бабочки

могут попасть в область, где малые изменения могут иметь значительные последствия, и будущее станет практически непредсказуемым.

В настоящее время известны два механизма «эффекта бабочки». Первый был известен еще до Лоренца: в системах существует несколько стабильных режимов, и если система находится на границе между ними, то малое случайное воздействие может перебросить ее из области притяжения одного режима в область притяжения другого. В таких случаях говорят, что система находится близ области раздела, или, по-научному, области бифуркации. Эта область находится вдали от термодинамического равновесия, подходы равновесной и линейной неравновесной термодинамики в ней не работают, потому будущее и непредсказуемо.

Есть основания считать, что в настоящее время человечество находится близ области бифуркации между двумя стабильными режимами. В одном из них человечество будет продолжать существовать, в другом — вымрет. Таким образом, наше будущее сильно зависит от наших сегодняшних действий. Об этом много говорилось в трудах выдающегося отечественного математика Никиты Николаевича Моисеева (1917—2000).

Эдвард Лоренц выявил второй механизм, обеспечивающий практическую непредсказуемость поведения сложной системы, далекой от равновесия. Он показал, что непредсказуемость может возникать не только вблизи границ раздела между стабильными режимами, но и в самих стабильных режимах.

Традиционно считалось, что все системы стремятся к устойчивому стабильному состоянию, где все остается неизменным. Но в дальнейшем были найдены и описаны системы, где происходят устойчивые колебания со стабильными периодом и амплитудой. С помощью математических моделей Лоренц открыл новый тип систем, в которых значения переменных, характеризующих их свойства, все время меняются, оставаясь, впрочем, в определенной области. Эти изменения описываются системой дифференциальных уравнений и поэтому, казалось бы, должны быть строго детерминированными. Тем не менее они имеют вид совершенно случайных блужданий.



Такие системы были названы системами со странными аттракторами. С одной стороны, странные аттракторы можно рассматривать как устойчивые режимы (значения переменных остаются в замкнутой области), а с другой — внутри этой области они меняются практически непредсказуемо, и малые случайные изменения переменных могут сильно изменить их значения в будущем.

Кстати, 23 мая 2017 года будет отмечаться еще один юбилей — 100 лет со дня рождения Эдварда Лоренца.

Аристократ науки

В 1977 году И.Р.Пригожин был удостоен высшей научной награды — Нобелевской премии, хотя, как и Онзагер, почему-то по химии, а не по физике. В том же 1977 году немецкий физик Герман Хакен (р. 1927) предложил название «синергетика» для нового раздела физики, изучающего процессы самоорганизации в самых разных системах вдали от термодинамического равновесия.

Термодинамика необратимых процессов, теория диссипативных структур и тесно связанная с ней синергетика стали сегодня одним из теоретических фундаментов биологии и биологической физики.

Научные направления, заложенные И.Р.Пригожиным, интенсивно развиваются в России. Изучение сложных режимов, возникающих в сильно нелинейных системах, крайне интересовало отечественных физиков. Выдающийся вклад в их изучение внес, в частности, выдающийся советский физик и математик А.А.Андронов (1901—1952), который был прототипом академика Дронова в пьесе и кинофильме «Все остается людям». Интересно, что в юности А.А. Андронов мечтал стать врачом и внедрять в медицину физические идеи. Также стоит упомянуть в этой связи выдающегося физика-теоретика и биофизика Д.С.Чернавского (1926—2016).

В 1982 году Академия наук СССР избрала Илью Романовича Пригожина своим иностранным членом. В 1989 году король Бельгии даровал ему бельгийское дворянство и пожаловал титул виконта (выше барона, но ниже графа, по меркам Российской империи — «ваше высокоблагородие»).

И в самом деле, Илью Романовичу были свойственны привычки аристократа в лучшем смысле этого слова. Ибо аристократизм — это не происхождение, а образ жизни. Он никогда никуда не торопился (но все успевал), любил искусство, коллекционировал произведения живописи. Был прекрасным пианистом и даже сочинял музыку. Его музыкальные произведения неоднократно исполнялись по радио.

Мне представляется, что главное значение трудов И.Р.Пригожина и других исследователей, работавших и работающих в том же направлении, заключается в создании фундамента для будущего слияния разных научных дисциплин в единую Науку. В будущем мире человечество вернется к идеалу греческого мудреца, способного размышлять обо всем на свете. Но только уже на новом уровне.



Суперантропный принцип



Скульптура Макса Эрнста

У всякого инструмента есть область применимости и есть способ определить, эффективно ли в конкретном случае его применение. Наука — это инструмент, и отдельные науки (физика, химия и все прочие) — тоже инструменты, у них свои области применимости и способы оценки эффективности. Специализация наук сложилась из-за неустойчивости механизма познания относительно объектов и методов познания — где в какой-то момент удавалось продвинуться, там и шло развитие, там и совершенствовались методы. При этом, кстати, незаметно сужалось поле исследования — объекты, не подпадавшие под юрисдикцию традиционных

наук, могли ускользнуть от внимания. Правда, границы между науками, даже вполне ортодоксальными, не вполне четки: например, существуют физическая химия и химическая физика, со своими институтами, журналами и прочими атрибутами. Кроме того, существуют «межпредметные исследования» или «исследования на стыке наук» — со своими очевидными сильными и слабыми сторонами.

Тем не менее в ортодоксальной физике критерием возможности отнесения гипотезы или модели к физике является принцип фальсифицируемости, предложенный еще Карлом Поппером. (Поппер предлагал его не для физики, а для науки вообще.) Принцип гласит,

что для признания утверждения относящимся к сфере науки необходима фальсифицируемость, то есть возможность экспериментальной проверки и опровержения — пусть хотя бы и не сегодня. Различные науки отвечают этому принципу в разной мере: например, психология ему вроде бы не вполне удовлетворяет. Заметим, что это не мешает нам ее уважать и ею интересоваться.

В физике ситуация тоже не вполне проста. В ходе развития сформировались некоторые принципы и методы рассуждения (назовем все это «научной логикой»), которые позволяют рассуждать какое-то время без оглядки на принцип Поппера; конечно, получив те или иные выводы, мы должны их проверить. Иногда, впрочем, во вполне ортодоксальных публикациях в серьезных изданиях допускаются некоторые послабления. По-видимому, уверенность в действии научной логики достаточно велика и обоснованна; в конце концов, она-то уж сему принципу удовлетворяет, мы пользуемся ею постоянно, даже не всегда отдавая себе в этом отчет, и она нас не подводит. Но что будет делать ортодоксальный ученый, если он сунулся в область на периферии своей науки и получил результат? Это, скорее, вопрос психологии, так что нам его не решить; заметим, однако, что одно из возможных действий — написать популярное упрощенное изложение и отдать его в наш журнал. Но пока вернемся к физике.

Вот два примера обращения физика к чуть-чуть периферии — один почти шуточный, а другой — ради которого и написана эта заметка. Иногда физики при построении модели некоторого явления (чаще в теории элементарных частиц или в космологии) рассматривают «вес» разных предположений и задаются вопросом: что будет, если отказаться от предположения № 1, от предположения № 2 и т. д. Смысл такого рассмотрения очевиден — если расширенная за счет какого-либо «отказа» теория накроет заметное количество подлежащих объяснению феноменов или предскажет нечто легко проверяемое на практике, то, может, там и надо искать разгадку?

Например, автор одной публикации в более чем уважаемом академическом журнале вполне серьезно рассмотрел шесть разных вариантов развития некоторой теории, а далее назвал седьмой, последний: «Если отказаться от Лагранжева формализма и законов сохранения, то может быть что угодно».

Второй пример — так называемый антропный принцип. На эту тему есть литература, рассматриваются разные его варианты и модификации, но суть дела проста. Достаточно сложная Вселенная (с атомами, планетами, звездами, сложными структурами, возможностью жизни) может существовать не при всех значениях универсальных констант (например, массы электрона и размерности пространства). Есть красивая формулировка: «Мы наблюдаем такую Вселенную, потому что другую было бы некому наблюдать». Вопрос: это случайность или закономерность, определен ли чем-либо набор констант и если да, то чем? Один из возможных ответов: набор частично случаен. Другой ответ: он закономерен. Подлежат ли эти ответы проверке принципом фальсифицируемости? Если Вселенная вмещает в себя области «с разной физикой», как пишут некоторые совсем уж фантасты, то в принципе да, можно эту разную физику (но лишь частично разную) наблюдать. Если же Вселенная «однородна по физике» и набор констант создается при Большом взрыве (есть и такая гипотеза), то, увы, нет. Поэтому если совсем строго придерживаться принципа фальсифицируемости, то это получается уже не физика.

Между тем физики на эту тему иногда рассуждают — видимо, верят в логику.

В основе здания физики лежат не только значения констант. Не меньшей фундаментальностью обладают законы сохранения (на это, кстати, обращено внимание автором первого примера). Попробуем расширить применение антропного принципа, зададим вопрос: не связан ли он с законами сохранения? Можно показать, что связан, точнее — что антропный принцип запрещает систематическое, глобальное и достаточно серьезное нарушение законов сохранения. Систематическое — то есть все время в одну сторону, а не сегодня в одну сторону, а завтра в другую, и все компенсировалось. Глобальное — то есть во всей Вселенной, а не здесь в одну сторону, а завтра в другую. При этом серьезность, систематичность и глобальность могут быть оценены численно — допустимые отклонения от законов сохранения не должны приводить к серьезным нарушениям за время существования Вселенной, то есть время между Большими взрывами. Рассмотрим основные законы сохранения последовательно.

Закон сохранения энергии: его нарушение «в минус» означает «тепловую смерть Вселенной», прекращение всех процессов, его нарушение «в плюс» — превращение всего сначала в газ, потом в плазму и т. д. Закон сохранения импульса и момента импульса: их нарушение «в минус» — прекращение движения, то есть всех процессов, «в плюс» — разлет, разрушение всех систем, в том числе центробежными силами. Закон сохра-



А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

нения заряда — оба нарушения влекут разрушение атомов (через закон Кулона, естественно). Закон сохранения барионного числа — нарушение «в плюс» влечет разрушение планетных систем и галактик (через закон всемирного тяготения), «в минус» — исчезновение материи.

В некоторых случаях проблема может быть решена комбинированным нарушением, например нарушение закона сохранения энергии, импульса и момента импульса «в плюс» выглядит не столь трагично, если одновременно нарушается «в плюс» и закон сохранения барионного числа. Однако такому выходу препятствует «научная логика» — физик скажет, что это решение *ad hoc*, притянутое за уши. Поэтому можно осторожно и предположительно заключить, что возможно расширение антропного принципа. Предлагаемое название для этого расширения указано выше.

Л.Хатуль

О подписке



Реквизиты:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,
ИНН/КПП 7701325151/770101001 Банк: ПАО «Сбербанк», г.Москва,
Номер счета: № 407038109380000000848, к/с 30101810400000000225, БИК 044525225
Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»

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

Стоимость подписки на первое полугодие 2017 года: с доставкой по РФ — 1080 рублей, при получении в редакции — 600 рублей.

*Об электронных платежах см. www.hij.ru.
Справки по телефону (495)722-09-46.*

Акриды

Удалившись в пустыню, пророк Иоанн ел акриды и дикий мед. В наше время мед диких пчел продается за большие деньги, и акриды тоже не дешевы. Специалисты рассматривают их как альтернативный источник животного белка.

Кто такие акриды? Акриды, по-гречески «акридеc» (ακρίδες), — это саранча, собирательное название для нескольких видов, принадлежащих к семейству настоящих саранчовых *Acrididae*. Их близкие родственники — кузнечики и сверчки. Саранча существует в двух фазах, одиночной и стадной, причем стаи насчитывают миллионы особей. В Книгу рекордов Гиннеса попал рой саранчи Скалистых гор *Melanoplus spretus*, опустошивший в 1875 году многие районы Соединенных Штатов и Канады. По некоторым оценкам, он весил 27,5 миллиона тонн и состоял из $12,5 \times 10^{12}$ насекомых. Распахивая земли, американцы свою саранчу умудрились истребить, и теперь в Северной Америке эти насекомые не водятся, как и в Антарктиде, а на остальных континентах они есть. В семействе *Acrididae* более 10 тысяч видов, но в пищу употребляют преимущественно перелетную саранчу *Locusta migratoria*, распространенную в Африке, Азии, Австралии, Новой Зеландии и даже в Европе; пустынную саранчу *Schistocerca gregaria* (Африка, Азия и Ближний Восток); бурю саранчу *Locustana pardalina* и красную саранчу *Nomadacris septemfasciata*, обитающую к югу от Сахары.

Энтомофаги Востока и Запада. Чтобы есть насекомых, нужны привычка и определенная культурная традиция. В жарких странах их потребляют с незапамятных времен, поскольку там они крупны и изобильны. В списке самых поедаемых насекомых саранча вместе со сверчками и кузнечиками занимает четвертое место, уступая жукам, бабочкам и перепончатокрылым (к последним относятся осы, пчелы и муравьи). Она даже в Библии упомянута как разрешенный к потреблению продукт. Во II веке до нашей эры Диодор Сицилийский назвал людей из Эфиопии акридофагами, то есть пожирателями саранчи. Для кочевников Северной Африки рои саранчи были не бедствием, а радостью, они ее варили и ели, а оставшихся насекомых высушивали на солнце и толкли в муку.

На Западе люди не привыкли есть насекомых вообще и саранчу в частности. Там бытует мнение, что насекомые — пища дикарей и голодающих, и популяризации нового продукта оно не способствует. Кроме того, многие испытывают брезгливость к насекомым, специалисты даже знают, когда она развивается — в возрасте от двух до пяти лет. Хотя есть люди, готовые попробовать что угодно, особенно мужчины. И в некоторых странах их постепенно к этому приучают: саранча в разных видах продается в специализированных магазинах, блюда из нее могут предложить в ресторане.

А зачем нам есть саранчу? Для сохранения окружающей среды. Пастбища занимают слишком много места, и его скоро не будет хватать. Животноводство производит более 14% всех парниковых газов, в том числе 59% сельскохозяйственного аммиака. А саранча и парниковых газов почти не выделяет, и места занимает мало (ее можно разводить в компактном помещении), и растет быстрее. Чтобы получить один килограмм животного белка, корове нужно скормить восемь килограммов растительности, а саранче — только два.

Поедание саранчи — лучший способ борьбы с ней. Такую мысль высказал еще в 1885 году британский энтомолог Винсент Холт. В брошюре «Почему не едят насекомых?» он отмечал отсутствие принципиальной разницы между саранчой и омаром. Недаром английское locust происходит от locusta, что на народной латыни означает и саранчу, и лобстера. Более того, омаров ловят на падаль, а саранча ест чистую зелень, что гораздо гигиеничнее. Винсента Холта можно считать первым европейским энтомофагом, но тогда его идеи не нашли понимания. Зато сейчас о них вспомнили, и даже появилось научное издание «Журнал о насекомых как еде и корме» («Journal of Insects as Food and Feed»). Потому что саранчу уже выращивают на корм животным и рыбам.

Чем полезна саранча. Питательность акрид зависит от вида и пола насекомого, его рациона и состояния окружающей среды. Насекомых разводят ради белка. В личинках перелетной саранчи его 14—18%, во взрослых насекомых 13—28%. В саранчовой муке его доля достигает 78%, это больше, чем в муке из сверчков. Качество белка сопоставимо с традиционным мясом, калорийность перелетной саранчи составляет 143—195 ккал на 100 г сырого веса, австралийской саранчи — 499 ккал.



Жиры в теле саранчи, по разным данным, от 5 до 21%, причем в его составе много незаменимых полиненасыщенных линолевой и линоленовой кислот. Они полезны при сердечно-сосудистых заболеваниях.

Английская пресса время от времени пишет о молодом человеке по имени Питер Бикертон. Сейчас ему 24 года, с 19 лет он ест насекомых. Члены его семьи предрасположены к инфарктам и инсультам, от которых умирают в молодом возрасте, а у живых родственников, в том числе у матери Питера, аномально высокий уровень холестерина. Врачи рекомендовали Бикертону позаботиться о собственном холестерине, и он, поразмыслив, стал есть насекомых, добавляя их в привычные продукты. Его любимые блюда — овсяная каша и пицца с акридами. Питер уверяет, что такая еда ему нравится и он никогда не чувствовал себя лучше.

Саранча содержит натрий, калий, кальций, фосфор, железо, марганец, цинк (8,4 мг на 100 г сухого веса), немного меди и марганца. Железа порядочно, от 8 до 20 мг на 100 г сухого веса, в таком же количестве говядины его всего 6 мг. Акриды богаты и кальцием, его 300 мг на 100 г, а в цельном молоке — 920 мг. О содержании витаминов известно мало, но, скорее всего, присутствуют тиамин и рибофлавин.

Собирать или разводить? Саранча, собравшаяся в стаю, легкая добыча. Ее ловят сетями, собирают ранним утром, когда еще холодно и насекомые малоподвижны. Акриды не заражены бактериями, опасными для человека. Казалось бы, бери да ешь. Однако фермеры опрыскивают посевы пестицидами, а насекомых их накапливают, и человек, съевший много дикой саранчи, может отравиться.

Постепенно ситуация меняется. Саранча популярна в Азии, она дорого стоит, 35 штук продаются в европейских интернет-магазинах за 9,99 евро, и теперь некоторые тайские фермеры выращивают кукурузу на прокорм не себе, а саранче. Но все же содержание пестицидов в диких насекомых трудно контролировать, безопаснее разводить акрид на специальных фермах, в закрытых помещениях, где они едят растения, выращенные без химикатов. Заодно не придется ждать нашествия саранчи, чтобы ею полакомиться.

Существуют фермы, которые выращивают насекомых на корм скоту, некоторые установили специальные линии для производства пищевых насекомых для человека. Фермы по разведению пищевой саранчи появились и в Европе.

Насекомых можно считать едой, если они выращены специально для этой цели в хороших условиях, свободны от грязи, токсинов и патогенов, аккуратно расфасованы и бережно транспортированы. И разумеется, упаковка должна быть снабжена этикеткой с подробной информацией о пищевом продукте, включая латинское название.

Саранчу растят без химикатов, дают день поголодать, чтобы очистить кишечник, затем подвергают сублимационной сушке, упаковывают и продают в специализированных магазинах. В таком виде насекомых можно хранить год в сухом и прохладном месте. При этом питательная ценность продукта сохраняется, так же как и способность впитывать воду.

Что можно приготовить из акрида? Саранчу высушивают целиком или делают из насекомых муку, которую добавляют в настоящую муку и другие продукты, чтобы повысить содержание белка. Однако вкус и запах у нее своеобразные и довольно ощутимые, поэтому в сладкие печенья саранчовую муку лучше не добавлять. Свежих насекомых чаще всего варят, жарят в масле или коптят. Саранчу легко готовить, она не нуждается в особых приправах.

Чем опасно употребление саранчи? Помимо риска отравиться пестицидами, любителей акрид подстерегают две опасности. Первая — аллергическая реакция. Люди с аллергией на пылевых клещей и ракообразных, скорее всего, и белки саранчи переносят плохо. В качестве аллергена могут выступать аргининкиназа — белок, общий у креветок и прямокрылых, а также эндолаза, гексамерин и некоторые другие. Уже зафиксированы случаи пищевой аллергии на некоторые виды саранчи.

Вторая опасность — поедание саранчи с ногами и крыльями. Их непременно надо удалять, о чем предупреждает этикетка на «правильной» упаковке. Шипастые задние ноги акрид застревают в кишечнике и вызывают запор, причем извлечь их оттуда можно только хирургическим путем. Если не соблюдать этого правила, любителя акрид может постигнуть участь обезьян, умерших во время нашествия саранчи. Вскрытие показало, что животные просто объелись и закупорили свой кишечник задними ногами насекомых, отчего и скончались.

Если вам посчастливится поймать саранчу. Что можно приготовить, разжившись акридами? Прежде всего, шашлык на пикничок. Очистим насекомых, оставив только мягкие брюшки, насадим на шампурчики и обжарим над углями до золотисто-коричневого цвета.

А можно этих акрид, лучше самок, разрезать вдоль брюшка, вложить внутрь арахис и в таком виде обжарить на горячей сковороде в небольшом количестве масла, посолить по вкусу. Следите, чтобы лакомство не подгорело.

Акриды вряд ли заменят кусок свинины или говядины, но как закуска, деликатес или добавка к основному блюду вполне сгодятся.

Н. Ручкина

Художник Н. Колпакова



ЧТО МЫ СЪЕДИМ





Цветы

Алексей Лукьянов

КУПЕ. ДЕНЬ

Пустое купе, на столике перед окном бутылка минералки, упаковка печенья и красочный буклет, за окном — перрон.

Входит Долгов — красивый мужчина в строгом деловом костюме, с кейсом. Кейс Долгов кладет на верхнюю полку, сам садится к окну, берет со стола буклет и начинает его изучать. На руке крупным планом — перстень с камнем. Почти сразу за ним заходит растрепанный полнеющий мужчина во фраке и в бабочке, с ворохом цветов в руках. Это Елькин.

Вагон слегка вздрагивает, перрон за окном движется.

Елькин. Здравствуйте! (*Садится напротив попутчика, сваливает цветы рядом с собой.*) Извините, что все тут... Я не ожидал, что будет такой оглушительный успех... Будем знакомиться? Елькин, Петр Егорыч.

Долгов (*холодно*). Константин Иванович Долгов.

Елькин. Очень приятно!

Елькин протягивает руку, цепляет рукавом бутылку, пробка соскакивает с горлышка, вода с шипением льется на стол.

Елькин. Ох!

Долгов вскакивает с места, осматривает себя. На пиджаке небольшое мокрое пятно. Елькин со словами «как же я так... сейчас, подождите...» пытается помочь Долгову.

Долгов (*резко*). Сидите! Ничего страшного не произошло — это просто вода.

Елькин (*сокрушенно*). Извините, бога ради, я не хотел... Это случайно так...

Долгов. Я все понял, не нужно так бурно реагировать!

Елькин. Полотенце?

Долгов. Давайте.

Долгов берет из рук Елькина вафельное полотенце и промокает им пиджак.

Елькин. Мне так жаль!..

Долгов. Успокойтесь уже.

Елькин. Вы не сердитесь?

Долгов. Нет.

Елькин. Спасибо! Куда вы едете?

Долгов уничтожающе смотрит на Елькина, тот затыкается. В купе стучит и тут же, не дожидаясь ответа, входит Проводница.

Проводница. Здравствуйте! Будете что-нибудь брать?

Елькин (*оживившись*). А что у вас есть?

Долгов (*кивая на столик*). Уберите у нас, пожалуйста.

Проводница. Опять! При отправлении опрокинулась?

Долгов (*выразительно поглядев на Елькина*). Да. Ничего страшного, но как-то мокро стало...

Елькин. Не слушайте его, это я случайно опрокинул. Я заплачу, вы не...

Проводница. Все, что на столе, бесплатно.

Долгов. Спасибо. Рюмочку коньяку хорошего можно? И закусить чего-нибудь.

Проводница (*Елькину*). А вам?

Елькин (*поднимая от буклета разочарованный взгляд*). Можно повторить то, что... э... (*кивает на столик*) ну... вы понимаете...

Проводница (*невозмутимо*). Минералки, ясно. (*уходит*).



ФАНТАСТИКА

Коньяк в рюмке волнуется в такт стуку колес, рядом на тарелочке мясная нарезка. Долгов со вкусом выпивает коньяк, цепляет вилкой кусок мяса и отправляет в рот. Елькин отламывает от печенья прямо из упаковки кусочек, жует, запивает минералкой, не решаясь поднять глаз на попутчика.

При этом он постоянно сучит ногами, будто от нетерпения.

Долгов, окончив трапезу, вытирает рот салфеткой и смотрит на Елькина, потом на букеты.

Долгов. Цветы любите?

Елькин (*смущенно*). Нет, не особенно. Но не отказываться же, люди от чистого сердца...

Долгов. Прямо-таки от чистого?

Елькин. Мне кажется, вы все еще сердитесь.

Долгов замолкает и смотрит в окно. Снова входит Проводница.

Проводница. Убрать?

Долгов. Нет. Коньячку повторите, пожалуйста. (*Немного подумав.*) Давайте сразу бутылку. И закуски побольше.

Елькин смотрит на Долгова, потом на Проводницу.

Елькин. А знаете... можно цветы куда-то деть?

Проводница. Выбросить, что ли?

Елькин. Ну зачем сразу?.. Можно их в вазу какую-нибудь? Или в ведро?

Ведро с цветами стоит на кейсе. Попутчики едут молча, разговор не клеится. Долгов все время смотрит на цветы, он чем-то недоволен. Елькин избегает встречаться взглядом с соседом — то повернется к окну, то разглядывает руки, то хрустит печеньем, не переставая сучить ногами. Долгов мрачно смотрит на соседа и не выдерживает.

Долгов (*раздраженно*). Да что ты ерзаешь все время?!

Елькин (*смущаясь*). Ботинки жмут.

Долгов (*недоуменно*). Почему?

Елькин. Ну... понимаете... перед самым отъездом оказалось, что обувь прохудилась, пришлось покупать, а все второпях... Сначала-то казалось — впору, а вот сейчас чувствую — жмут.

Долгов. Так сними!

Елькин. А вы не против?

Долгов. Снимай, говорю!

Елькин снимает ботинки и блаженно улыбается. В купе снова становится тихо.

Елькин (*не выдержав молчания*). Давайте уже поговорим нормально. Я хороший человек, мне очень стыдно, что я вас облил, я извинился. Почему вы так смотрите?

Долгов (*задумчиво*). Очень много цветов.

Елькин. Чего?

Долгов. Говорю, цветов очень много. Куда тебе столько?

Елькин. В этом все дело? Ну вы меня и напугали. (*Облегченно.*) Я ведь не хотел на самом деле всего этого. Зачем было тащить все эти цветы? Куда мне с ними? Я их даже не люблю! Но нет, каждый принес, и не по цветочку, целыми снопами. И что им было говорить?! «Заберите, мне ни к чему»? Да меня бы и слушать не стал никто! Ой, подождите, а может, у вас аллергия?!

Долгов смотрит на Елькина как на идиота, тот снижает.

Долгов (примирительно). Но вообще, букет вполне себе...

Елькин. Нравятся? Забирайте! Честное слово — берите, не жалко! Куда я с ними потащусь, они же завянут через сутки.

Долгов. Ты артист, что ли?

Елькин. Почему артист? *(Осматривает себя.)* Ах, это. Нет, что вы, я совсем не артист. Я селекционер-помолог. Это просто... ну, вы понимаете...

Долгов. Так вот почему цветы...

Елькин. Помолог — это тот, кто плодово-ягодными сортами занимается.

Долгов. И как? Интересно?

Елькин *(серьезно)*. Очень. Я с детства этим увлекался, и почти пятьдесят лет в науке, если со студенчества считать.

Долгов. И много сортов вывел?

Елькин. Один.

Долгов. Всего?

Елькин. Что поделать, талант невелик, я больше занимался сохранением уже созданных сортов. Но без ложной скромности, мои персики даже в самых холодных районах на открытом грунте успевают созреть и дать крупные плоды с отменными вкусовыми качествами. А чем вы занимаетесь?

Долгов. А ты меня не узнал?

Елькин. Извините, нет.

Долгов. Сразу ясно, что ты помолог. Меня по ящику каждый день почти показывают.

Елькин. Я не смотрю телевизор, работы много...

Долгов. Сейчас... *(Роется во внутреннем кармане пиджака, достает газетную вырезку.)* Читай.

Елькин *(пробежав глазами заметку, с удивлением смотрит на Долгова)*. Это вы?! Очень рад знакомству.

Долгов. Да, чепуха.

Елькин. Совсем не чепуха! Это же вы наш питомник от вырубки спасли, денег дали, лабораторию новую помогли построить...

Долгов. Да как тебе сказать... Не совсем я. Я сам ни про какой питомник не слышал. И сам лично никому денег не даю: приходят люди, приносят бумаги на подпись — от меня только подпись требуется. Так что вашему питомнику, скорей всего, просто повезло. Кто-то пробивной достучался до одного из моих советников и убедил.

Елькин. Но деньги-то ваши!

Долгов. А что с тех денег? Вон, видишь — чемодан? Там они все.

Елькин *(пытается убрать ведро с цветами с кейса)*. Вот я балда-то!..

Долгов. Сиди.

Елькин. Нет, ну правда, неудобно...

Долгов. Неудобно «Ессентуки» пить, когда сосед по купе марочный коньяк хлещет и хамоном закусывает. *(Елькин порывается встать.)* Сиди, говорю! Никто твоему питомнику денег не дал! И все, что ты там собрал и вырастил, скорей всего, отправится или на свалку, или под бульдозеры.

Елькин *(шепотом)*. Но как же так. Мне же сказали...

Долгов *(наливает и пьет)*. Мне тоже сказали. Читал я все, что с твоим питомником связано, сам собирался вмешаться. Даже в самолет сел, лично чтобы... а оно вон как вышло.

Елькин. А я в реанимации был... Мне там и сказали... видимо, чтобы успокоить... утешить...

Сидят молча. Поезд замедляет ход. В купе входит Проводница.

Проводница. Прибываем.

Елькин. Скажите: это всё? Этим все и закончится?

Проводница *(ласково)*. Родненький, чем же тебе плохо, скажи? Ты же не в геенну огненную, а в царствие небесное едешь. Жил, как праведник, умер, как мученик. Сам же сказал — не ожидал, что такой оглушительный успех будет. И друг твой — тоже человек хороший. Радоваться надо, что столько хорошего в жизни сделали.

Елькин. Но поймите, ведь там же... оно же все погибнет! Это не успех, это полный крах! Если мы не вернемся...

Проводница. Родненький, так некуда возвращаться уже. Это здесь вы пятнадцать минут ехали, а там уже сорок дней прошло. Утешься, ничего бесследно не пропадает... Вот, приехали уже.

Поезд останавливается, Проводница выходит из купе. За окном — праздничный перрон, светло, музыка, в окно стучат две молодые женщины.

Елькин и Долгов *(хором)*. Мама?

Долгов и Елькин прижимаются к окну и глядят своих мам по лицам сквозь стекло.

Елькин. Мама... прости, пожалуйста. Мне очень, очень нужно назад. Понимаешь?

Мама улыбается сквозь слезы и кивает.

Елькин и Долгов *(хором, друг другу)*. Ты со мной?

Мужчины вскакивают с мест.

ПЕРРОН. ДЕНЬ

Долгов и Елькин мчатся по перрону, проталкиваясь через толпу встречающих. Елькин бежит в одних носках. Поезд, к которому они бегут, уже набирает ход. Вторая проводница собирается запирять тамбур.

Елькин *(на бегу)*. Этот поезд обратно?

Вторая проводница. А билеты у вас есть?

Долгов и Елькин протягивают проводнице билеты. Она смотрит и хмыкает.

Проводница. Повезло — транзитные. Ну, давайте быстрее. Только учтите, после рождения вы ничего не будете помнить!

Елькин. Ничего, может, и вспомним.

Долгов. Обязательно.

Долгов и Елькин впрыгивают в поезд. Дверь в тамбур закрывается.

КУПЕ. ДЕНЬ

Проводница входит в купе, где прежде ехали Долгов с Елькиным.

Проводница. Эй! Цветы-то! Чемодан! *(Убегает.)*

Титры на фоне кейса и ведра с цветами:

— Я был богатым, как раджа.

— А я был беден.

Но на тот свет без багажа

Мы оба едем.

Редьярд Киплинг



ЛАБОРАТОРИЯ

ПИЛОТ



Издательство «Лаборатория знаний»

КНИГИ

Адам РезерфордБиография жизни. От первой клетки до геной инженерии
Лаборатория знаний,
2016Перевод с английского:
Алексей Капанадзе

Что такое жизнь? И как она возникла на Земле? Эти вопросы волновали людей тысячелетия. И сегодня точных ответов на них нет, но ученые все ближе и ближе подступают к постижению тайны жизни.

Изучая строение клеток и механизмы наследственности, пытаюсь заставить их работать на благо человека, биологи создают новые формы живого, которых раньше на Земле не было. Тут и козы-шелкопряды, и микроорганизмы, которые помогут нам справиться с энергетическими кризисами, победить рак и другие болезни. В будущем биологи — решение сложнейших проблем современного мира: от дефицита продовольствия и эпидемий до изменений климата. Все это сегодня звучит как фантастика, но иногда прогнозы фантастов сбываются... Адам Резерфорд, известный генетик и популяризатор науки, зовет читателя в увлекательное путешествие — сначала в прошлое, когда на Земле возникла первая живая клетка, а потом в будущее, где появятся новые, созданные учеными и служащие человеку еще неизвестные нам формы жизни...

Нассим Талеб, Ричард Докинз, Джаред Даймонд, Фримен Дайсон и др.Под редакцией
Джона Брокмана
Теории всего на свете
Лаборатория знаний,
2016Перевод с английского:
Николай Майсурян,
Алексей Капанадзе

Более ста ведущих интеллектуалов современности — Нассим Талеб, Ричард Докинз, Джаред Даймонд, Фримен Дайсон и многие другие — по просьбе известного издателя Джона Брокмана в коротких эссе рассказывают о своих любимых научных теориях. Тут и эволюция, и природа сознания, и законы мышления, а еще — квантовая физика, Большой взрыв, будущее человечества и всей нашей Вселенной... Какие-то из этих теорий бесспорны, а какие-то вызывают жаркие дискуссии. И все они о главном — о том, как устроен наш мир.

Крейг ВентерРасшифрованная жизнь.
Мой геном, моя жизнь.
Лаборатория знаний,
2015Перевод с английского:
Любовь Образцова,
Петр Образцов

Расшифровка генома человека — одно из главных научных достижений прошлого века. Выдающийся американский ученый Крейг Вентер внес в это открытие огромный вклад. Его увлекательные воспоминания — рассказ о долгом пути от санитара в военном госпитале во Вьетнаме до выдающегося ученого с мировым именем, докладывавшего президенту США Биллу Клинтону о расшифровке человеческого генома. «Расшифрованная жизнь» — это и честный рассказ о том, как сегодня делается большая наука, как сложно порой сражаться с косностью и откровенным политиканством в борьбе за гранты и признание.

«И как только журналисты не называли Вентера в последние десятилетия — бунтарь, “белая ворона”, мастер саморекламы, авантюрист, дерзкий, противоречивый, гений, псих, мятежник, фантазер, самонадеянный, вздорный, пробивной, решительный, целеустремленный, вызывающий. Его автобиография показывает, что все эти определения оправданны» («Nature»).

Лона ФранкМой неповторимый геном
Лаборатория знаний,
2016Перевод с английского:
Наталья Шафрановская

Что может нам поведать наш геном? Читая его, сумеем ли мы разобраться в нашем прошлом, понять настоящее и предвидеть будущее? Что определяют гены, а что — среда? И неужели ученые-генетики способны предсказать, за какую партию мы будем голосовать, какого типа человек станет нашим супругом (или супругой) и от какой болезни мы умрем? Обо всем этом — в книге известного популяризатора науки, лауреата множества премий биолога Лоны Франк.

«Эта книга написана легко и изящно. Рассказывая о себе, о своем геноме, Лона Франк говорит о вещах, порой очень сложных, но невероятно важных сегодня для всех нас» (Ричард Докинз).

Подробности см. на сайте
издательства www.pilotlz.ru.



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

А повоевать?

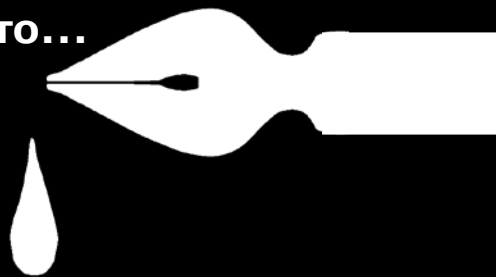
Готовность пойти на войну ради светлого будущего — что это? Черта национального характера? Следствие внутри- и внешнеполитических обстоятельств? А может быть, как предполагал Л.Н.Гумилев, все определяется тем, на какой ступени развития находится этнос? Попытку ответить на этот вопрос предприняли социологи из университета Басков во главе с Магдаленой Бобовик («Asian Journal of Social Psychology», 2016, 19, 347—361; doi: 10.1111/ajsp.12153).

Они предположили, что готовность воевать кроется в национальных предпочтениях при объяснении причин истории. В их числе и религиозный взгляд на историю как промысел Божий, и марксистские идеи о закономерном ее течении вследствие классовой борьбы, которая ведет к прогрессу, и конфуцианские наблюдения цикличности развития, а также идеалистические мысли о роли великих героев, мечты технократов о научно-техническом прогрессе, мизантропическое обращение к насилию и даже представление о том, что история — совершенно бессмысленная шутка. Проведя опрос почти десяти тысяч студентов из сорока стран мира, как о движущих силах истории, так и о готовности воевать, исследователи получили удивительный результат. Оказалось, что склонность к войне проявляют отнюдь не те народы, которые считают, что историей движут герои или насилие — легитимация войн в общественном сознании связана прежде всего с мыслями о закономерном ходе истории в направлении социального прогресса или с убеждением, что все идет по плану высшего существа.

А если перейти к странам? Самую большую готовность пролить кровь за светлое будущее показали студенты Индонезии. За ними идут в порядке убывания Норвегия, КНР, Сингапур, Филиппины, РФ и Индия. А меньше всего эта готовность у граждан развитых стран: Японии, ФРГ, Бельгии, Италии, Испании и Нидерландов. Может быть, всё дело действительно в уровне развития? На это намекают результаты второй части работы, в ходе которой сравнение проводили с социологическими индексами. Самой высокой оказалась антикорреляция готовности воевать с индексом человеческого развития — его ежегодно подсчитывают специалисты ООН на основании продолжительности жизни, уровня образования и дохода на душу населения. Из этой зависимости выпала только Норвегия — страна с самым высоким уровнем индекса 2015 года и с очень высокой готовностью воевать, а граждане других лидеров списка ООН оказались гораздо более миролюбивыми. Однако уровень развития — это еще не все. Почти такой же уровень, но уже прямой, корреляции продемонстрировал и другой индекс — дистанции власти; он тем больше, тем выше жесткость социальной структуры, причем граждане принимают факт иерархического устройства общества без возражений. По мнению авторов статьи, все эти связи объясняются тем, что в обществах с меньшим индексом развития и большим индексом дистанции власти история оказывается важнейшей частью политической культуры, а коль скоро истории без войн не бывает, их и считают не крушением мира, а нормальным компонентом естественного процесса развития социума.

С.Анофелес

Пишут, что...



...появилось сообщение, что в Гарвардском университете получен металлический водород — материал, способный совершить переворот в энергетике и ракетостроении («Science», 2017, doi: 10.1126/science.aal1579)...

...в зародыш свиньи ввели человеческие индуцированные стволовые клетки и получили химерный эмбрион; такие животные могут быть источниками органов и тканей для трансплантации («Cell», 2017, 168, 3, 473, doi: 10.1016/j.cell.2016.12.036)...

...две маленькие девочки, которых в лондонской больнице Грейт-Ормонд-Стрит лечили от лейкемии с помощью лимфоцитов с отредактированными геномами, чувствуют себя хорошо, признаков рецидива нет («Science Translational Medicine», 2017, 9, 374, doi: 10.1126/scitranslmed.aaj2013)...

...устройства с ультразвуковым приводом позволят проводить геологоразведочные работы в районе лунных полюсов в разумные сроки, например для бурения на глубину 2 м потребуется 16—24 часа, однако дальше скорость падает до 2,2 мм/мин («Акустический журнал», 2016, 62, 5, 624—632)...

...ни наблюдения, ни количественные оценки не подтверждают гипотезы о том, что Меркурий заметно влияет на скорость солнечного ветра на орбите Земли — слишком велико для этого расстояние между ними и слишком мал Меркурий («Астрономический вестник», 2016, 50, 6, 473—477)...

...в ходе космических экспериментов показан ускоренный рост лактобацилл, что, с одной стороны, поможет в создании препаратов-пробиотиков для поддержания здоровья космонавтов, а с другой — ставит вопрос о профилактике распространения опасных бактерий на космических станциях («Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии», 2016, 6, 3—10)...

...красноярские ученые, о которых мы писали год назад (2015, 12), разработали нетканые перевязочные материалы из разрушаемых биополимеров, которые способствуют быстрому заживлению ран («Journal of Materials Science: Materials in Medicine», 2016, 27, 165, doi: 10.1007/s10856-016-5776-4)...

...в холодное время года любые осадки повышают аварийность на дорогах на 5—15%, а в теплое время даже при грозах и сильных осадках она снижается, и только температу-

ра воздуха более 30°C начинает сказываться отрицательно («Известия РАН. Серия географическая», 2016, 6, 94—101)...

...из двух бумажных кружков, резинки и пары капилляров можно сделать микроцентрифугу, которая дает ускорение 30 000 g и позволяет отделять форменные элементы от крови; такой мини-прибор поможет диагностировать малярию в полевых условиях («Nature Biomedical Engineering», 2017, 1, 0009, doi: 10.1038/s41551-016-0009)...

...чтобы сделать более точным решение, принятое на основании суждений большой группы людей, надо выбирать не самое популярное решение, а то, которое окажется популярнее, чем предсказывали («Nature», 2017, 541, 7638, 532—535, doi: 10.1038/nature21054)...

...главные факторы нарушения сна у государственных служащих — психологические факторы, возраст и проблемы с соматическим здоровьем, затем — «рабочее» усилие и дисбаланс «усилие-вознаграждение», на последнем месте — плохие жилищно-бытовые условия («Гигиена и санитария», 2016, 95, 11, 1037—1040)...

...у больных депрессией снижается способность принимать рациональные решения, но отмечен «компенсаторный сдвиг» в сторону принятия решений, основанных на эмоциях («Физиология человека», 2016, 42, 6, 18—26)...

...высокие уловы в Восточно-Китайском море могут быть связаны с массовым истреблением крупных хищных рыб, за которым последовало размножение более мелких («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2017, 114, 4, 717—721, doi: 10.1073/pnas.1612722114)...

...у двухлетних особей гигантской китайской саламандры *Andrias davidianus* впервые зарегистрированы эпизодические электрические разряды, схожие с электрическими разрядами слабозлектрических сомов («Доклады Академии наук», 2016, 471, 6, 736—738)...

...большинство детенышей млекопитающих предпочитает идти справа от матери, наблюдая за ней левым глазом («Nature Ecology & Evolution», 2017, 1, 0030, doi: 10.1038/s41559-016-0030)...

...при территориальных взаимодействиях рыбы *Neolamprologus pulcher* мочатся в сторону соперника («Behavioral Ecology and Sociobiology», 2017, 71, 37, doi: 10.1007/s00265-016-2260-6)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Равнение на передовиков

В СССР движение стахановцев, придумывавших разнообразные приемы для многократного перевыполнения плана, считалось важнейшим фактором развития производства. Предполагалось, что эти приемы будут освоены другими рабочими и производительность труда вырастет повсеместно. Другим фактором считалось социалистическое соревнование: тут было важно не перенять приемы, а любым законным способом догнать и перегнать передовика производства. Что же главное — новые приемы, соревнование или оба? Похоже, спустя годы после гибели СССР буржуазные специалисты из Лондонского университетского колледжа и Йоркского университета во главе с Томасом Корнелисеном сумели разгадать эту загадку (агентство «AlphaGalileo», 19 января 2017 года).

Они проанализировали данные о заработной плате низкоквалифицированных трудящихся — кассиров в супермаркетах, официантов, сельских разнорабочих и представителей еще более 300 профессий, которые работали в Берлине и его окрестностях. Данные брали из баз социальных фондов. Массив информации за пятнадцать лет позволил проанализировать сведения о миллионах людей, то есть статистика была весьма представительной. Результат же оказался таков: увеличение производительности труда члена коллектива на 10% приводило к росту заработной платы всех работников на 1%.

Предыдущие исследования подтверждают: если в коллективе появляется передовик производства, например кассир, который ловчее прикладывает штрих-код к сканеру и таким образом обслуживает большее число клиентов, это сказывается на всем коллективе — все кассиры стремятся работать быстрее и осваивают более совершенные приемы. Значит, все-таки в основе успеха лежит новый опыт? Нет, не так; недаром исследование охватило столь длительный период. За этот срок состав коллективов существенно менялся, передовики — а их было видно по высокой заработной плате — уходили на другую работу. И тут-то оказывалось, что именно они, люди, — главное достояние компании, а не придуманные ими приемы работы: после ухода активного человека остальным членам коллектива больше не на кого было равняться, не надо было стыдиться своей неумелости, и они снижали обороты. В общем, без соревнования с лучшим производительность труда падала.

Косвенно эти результаты подтвердило исследование представителей высокооплачиваемых профессий — юристов, врачей, архитекторов. В этой среде рост производительности труда одного специалиста слабо сказывается на зарплате его коллег: социальное давление в такой высокообразованной среде меньше, организовать между ними соревнование сложнее, чем между кассирами или официантами.

А. Мотыляев



Слуга двух господ

— Зачем вы поете в лаборатории, Азимов?

— Потому что я изучаю химию не для того, чтобы этим зарабатывать на жизнь. Это не мой хлеб с маслом. Я хочу зарабатывать деньги как писатель. А химией занимаюсь, потому что люблю ее. Это веселье моей жизни, и я не могу не петь, когда работаю.

Айзек Азимов. В памяти по-прежнему молод

Н.А.СИДОРОВУ, Москва: *Асфальты, которые можно укладывать при температуре воздуха -15—20°С, существуют, например марка Evotherm, — они содержат дополнительные адгезивы и поверхностно-активные вещества; такой ли асфальт положили около вашего дома, очевидно, станет ясно со временем.*

Л.Л.ЗАЙЦЕВОЙ, Екатеринбург: *Возможно, где-то цитронеллол как ароматический компонент и запрещен, однако ни наши контролирующие органы, ни, скажем, американское FDA ничего против него не имеют; с другой стороны, известны случаи аллергии.*

В.А.МИНКЕ, Санкт-Петербург: *Действительно, амальгама Герштейна применяется для холодной пайки, то есть позволяет спаять смазанные ею металлические поверхности, соединив их и крепко сжав, но в плане безопасности, если выбирать между паяльником с обычным припоем и паяльником, — пожалуй, паяльник лучше.*

Е.Н.БАБУРОВОЙ, Омск: *Темный налет на эмалированной посуде после варки овощей будет легче удалить, если залить ее на один-два часа огуречным рассолом или сывороткой от домашнего творога — то и другое содержит молочную кислоту, отбеливающую поверхность эмали.*

В.Ф.ЛВОВУ, Новосибирск: *Идея сайта с вакансиями для научных работников настолько хороша, что он уже существует (<http://ученые-исследователи.рф>).*

Н.КОНДРАТЬЕВУ, Нижний Архыз: *Саманные кирпичи делают не только из конского навоза, из коровьего тоже, и просто из глины с добавлением соломы; преимущество конского, возможно, в том, что он содержит больше непереваренных растительных остатков, улучшающих композитные свойства материала.*

Т.А.ШИЛОВОЙ, Москва: *Салат «Цезарь» назван не в честь римского императора, а в честь американского повара Цезаря Кардини, поэтому подавать к нему вустерширский соус вполне уместно — никакого временного противоречия тут нет.*

Д.П., электронная почта: *Дмитрий, мы публикуем научно-популярные статьи, а не научные; они могут быть написаны на основании ваших исследований, то это должен быть именно научно-популярный текст, понятный неспециалистам.*

Первое место в нашей серии заметок о химии и фантастике следует предоставить американскому писателю Айзеку Азимову (1920—1992). Автор более 500 книг обращался к химии не только в художественной литературе, он написал больше десятка научно-популярных книг (наиболее известные — «Химия жизни: витамины, гормоны, ферменты», «Мир углерода», «Мир, основанный на кислороде», «Источник жизни», «Исследование элементов», «Краткая история химии», «Инертные газы»).

Это неудивительно, ведь он окончил химический факультет Колумбийского университета в 1939 году и преподавал биохимию в Медицинской школе Бостонского университета, в котором позже получил профессорскую должность. Но с ранних лет интерес к химии у Азимова сочетался с неменьшим интересом к фантастике. В трехтомной «Автобиографии» писателя наука и литература соседствуют на множестве страниц. Вот он пишет, как жадно ждет свежий номер журнала «Поразительная научная фантастика» («Astounding Science Fiction»), который редактировал известный писатель Джон Кэмпбелл-младший:

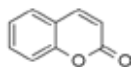
«В четверг 19 мая [1938 года] действительно пришел июньский выпуск «Эстаундинг», и, хотя день был дождливый, для меня ярко сверкало солнце. Это был день экзамена по химии, но я ни одной минуты не стал тратить на подготовку. До самого отъезда в колледж я читал журнал. (Не волнуйтесь, экзамен я сдал.)»

А в следующем году у него вышел первый фантастический рассказ, и Айзек стал регулярно посылать свои новые произведения Джону Кэмпбеллу. И печататься в его журнале, несмотря на строгость редактора.

«13 февраля [1942 года], после официального сообщения, что я сдал квалификационный экзамен и получил разрешение на дальнейшее продолжение исследования, я в отличном настроении побывал у Кэмпбелла. Его не было, но Кэтрин Террант вернула мне рукопись, и не было сомнения в результате. На листке бумаги Кэмпбелл написал $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SH}$. Это была формула бутилмеркаптана, химического вещества, которое придает скунсам их запах.

Я никогда не получал такого короткого и опустошительного отказа, но даже он не смог испортить мне день. Я написал в ответ:

Далее будет



Это формула кумарина, который придает свежекошенному сену сладкий приятный запах».

Еще забавнее оказалась следующая параллель фантастики и реальной жизни писателя. Работая над докторской диссертацией, Азимов попутно написал пародийную статью, выдержанную в подлинном диссертационном стиле. Оформленная таблицами, графиками и ссылками на несуществующие журналы, она была отправлена Кэмпбеллу и опубликована в мартовском номере 1948 года все того же «Эстаундинга». Называлась эта статья «Эндохронические свойства ресублимированного тиотималина». Речь в ней шла о необычном веществе, которое растворяется в воде за 1,12 секунды до того, как эту воду добавляют. (Позже Айзек Азимов несколько раз возвращался к этой теме, и рассказ «Удивительные свойства тиотималина», впервые опубликованный на русском языке в девятом номере «Химии и жизни» за 1965 год, представляет собой комбинацию двух первых рассказов, которую писатель подготовил в 1957 году для сборника эссе «Only a Trillion».)

Если из пробирок с тиотималином составить «телехронную батарею», то появляется возможность делать предсказания будущего. Например, в батарее, состоящей из 77 nscxh блоков, последняя порция тиотималина растворится за целые сутки до того, как вода будет добавлена в первую пробирку. В разных рассказах о тиотималине Азимов описывает, что именно можно предсказывать таким образом.

Но вернемся к первой публикации. Азимов опасался, что несерьезная статья может помешать защите диссертации, и попросил Кэмпбелла напечатать ее под псевдонимом. А тот попросту забыл об этом (или сделал это сознательно, теперь уж не определить), и статья вышла под настоящей фамилией автора. Она пользовалась огромным успехом, прочли ее и многие химики. Азимов чувствовал себя несчастным и решил, что диссертацию ему не защитит.



Его работа называлась «Кинетика реакции инактивации тирозиназы во время ее катализа аэробного окисления катехола». В мемуарах Азимов отмечает: «Это название гораздо хуже того, что я использовал в своей сатире с тиотимолоном. Больше того, диссертация написана в гораздо более запутанном и напыщенном академическом стиле. (...) Вот только одно предложение из моей диссертации: "Следует помнить, что анализ хронометрического уравнения (см. раздел Q ВЗАИМООТНОШЕНИЯ) приводит к заключению, что, если уравнение удовлетворительно объясняет весь ход реакции, время, требуемое для инактивации первоначального количества энзима, не зависит от концентрации энзима (см. уравнение 8) и что общий уровень инактивации энзима пропорционален полуторной степени концентрации активного энзима, присутствующего в системе в любой момент (см. уравнение 12)". Это только одно предложение, но его достаточно. Нет необходимости и дальше рисковать свертыванием мозга».

Однако опасения Айзека не оправдались. Защита проходила нормально:

«Но в целом все относились ко мне хорошо, и через час и двадцать минут профессор Ральф С. Халфорд задал последний вопрос.

Он сказал:

— Что вы можете сказать нам, мистер Азимов, о термодинамических свойствах вещества, известного как тиотимолин?

На мгновение меня словно ударило молнией, затем истерия, с которой я все время боролся, победила, я счастливо заржал, и меня пришлось выводить из комнаты.

У меня были основания смеяться. Мне казалось немыслимым, что они способны так шутить, если решили меня провалить. Очевидно, хвала небу, они читали мою статью о тиотимолине и восприняли ее в таком духе, на который она была рассчитана.

Я был прав. Спустя пять минут они вышли, и, как положено по традиции, все пожали мне руку со словами: "Поздравляю, доктор Азимов".

Я сделал это. Теперь я Айзек Азимов, доктор философии».

В сентябрьском номере «Эстаундинг» за 1956 год Кэмпбелл опубликовал очередной «научный» рассказ Азимова — «Паштет из гусиной печенки». На этот раз фантаст переписал басню Эзопа о гусыне, которая несла золотые яйца. Из-за облучения ее организм при рождении подвергся благоприятной мутации, и она стала живым ядерным реактором. Мало того, Гусыня могла поглощать радиоактивное излучение без вреда для организма. Биохимики и ядерные физики смогли определить, ЧТО происходит в организме Гусыни, но не представляли, КАК это можно повторить. Печальная история, если еще учесть, что яйца Гусыни были отравлены золотом и не могли дать потомства. Азимов считал этот рассказ гораздо более остроумным, чем исследование тиотимоллина.

Парой лет раньше в том же журнале вышла повесть «Ловушка для простаков» (первая публикация на русском языке была во втором номере «Химии и жизни» за 1967 год). Действие в ней происходит на планете Троя в системе двойной звезды Лагранж. Колония землян, насчитывающая более тысячи человек, погибла в результате неизвестной эпидемии. На планету прибывает с Земли космолет с комиссией ученых и исследователей, которые должны определить причины трагедии. Разгадку находит Марк Аннунцио, воспитанник Мнемонической Службы, весьма вздорный молодой человек, который обратил внимание, что в коре планеты тысячекратно по сравнению с Землей повышено содержание бериллия, из-за чего пыль вызывает смертельные отравления, причем симптомы развиваются медленно. Поскольку все остальные параметры планеты (состав атмосферы, климат, другие условия) были подобны земным, об отравлении бериллием никто не мог и подумать.

Азимов еще не раз обращался к химическим темам в своих произведениях и чрезвычайно остроумных эссе. Однако это уже другая история. И не одна.

**Владимир Борисов,
Александр Лукашин**

