



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

9/2019







Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 года, рег. Эл № 77-8479

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор

Л.Н. Стрельникова

Заместитель главного редактора

Е.В. Клещенко

Главный художник

А.В. Астрин

Редакторы и обозреватели

Л.А. Ашкинази,

В.В. Благутина,

Ю.И. Зварич,

С.М. Комаров,

В.В. Лебедев,

Н.Л. Резник,

О.В. Рындина

Отвественный за соцсети

Д.А. Васильев

Подписано в печать 4.9.2019
Типография «Офсет Принт М», 123001,
Москва, 1-й Красногвардейский пр-д, д. 1

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

Адрес для переписки
119071, Москва, а/я 57

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

<http://www.hij.ru>

Соцсети:

<https://www.facebook.com/khimiyaizhizn>

https://vk.com/khimiya_i_zhizn

<https://ok.ru/group/53459104891087>

https://twitter.com/hij_redaktor

https://www.instagram.com/khimiya_i_zhizn/

При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь» обязательна

На журнал можно подписаться в агентствах «Роспечать»
— каталог «Роспечать», индексы 72231 и 72232
«Арзи» — Объединенный каталог
«Пресса России», индексы — 88763 и 88764 (рассылка
— «Арзи», тел. 443-61-60)
Каталог «Почта России», индексы П2021 и П2017.
«Информсистема» — (495) 127-91-47
«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

© АНО Центр «НаукаПресс»

Генеральный спонсор журнала

Компания «Биоамид»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа художницы Симоны Легно. Как
нас ни пугают, а сладенького всё равно
хочется. Спасение есть? Подробности
в статье «Вылечит ли бацилла сахар-
ный диабет»*

*НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
плакат А. Кука, посвященный
Международному году Периодической
таблицы химических элементов*

*Если тебя назовут дураком,
не требуй доказательств*

Американская мудрость

Содержание

Хемофилия

КЭРИ МУЛЛИС, ВЕЛИКИЙ И УЖАСНЫЙ. Марина Молчанова..... 2

Хемоскоп

ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА ОЧИЩАЕТ РАСТВОР ОТ КИСЛОРОДА.

НОВЫЙ ЛИГАНД УДАЛЯЕТ УРАН ИЗ КОСТЕЙ. НОВАЯ ЖИЗНЬ

СТАРЫХ ДЖИНСОВ. А.И. Курамшин 6

Глубокий эконо

ИЗНОС И МЕДНОЕ МЫЛО. С.М. Комаров 8

Эксперимент

СВЕТ: ДОРОГА ПО КРОМКЕ. Л. Намер 14

Образование

ФИЗИКА – ПОЛТОРА ВЕКА В ШКОЛЕ. Л. Ашкинази 16

Мемуары Игнобеля

БЕЗ СТРАХА И УПРЁКА. Г.В. Эрлих..... 24

Расследование

ВЫЛЕЧИТ ЛИ ВАКЦИНА САХАРНЫЙ ДИАБЕТ? Н.Л.Резник..... 27

Сто химических мифов

МИФЫ О ПОДСЛАСТИТЕЛЯХ. И.А. Леенсон 30

Проблемы и методы науки

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ:

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЖИВОГО. А.А. Грешнова, Г.С. Глухов, А.К. Шайтан 32

В море и на суше

ОПЕРАЦИЯ «ОРИНОВЕ ГНЕЗДО». Г.М. Виноградов 39

Страницы истории

АФРИКАНСКИМИ ТРОПАМИ ГУМИЛЁВА. Н.В. Вехов 42

Панацея

АРТРОСПИРА ПО ИМЕНИ СПИРУЛИНА. Н. Ручкина..... 48

Цитата

РОССИЯ – РОДИНА СЛОНОВ. Константин Душенко 50

Фантастика

ПОСАДОЧНЫЙ ТАЛОН. Владимир Прягин 52

Мемуары

НЕ ВСЕ ЛЮДИ ВРАГИ... М.Б. Черненко 56

Нанофантастика

СТАРОСТЬ. Павел Бубнов-Гордиенко..... 64

РЕЗУЛЬТАТЫ: ФИЗИКА	22	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	21	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	61		

Кэри Муллис, великий и ужасный

Марина Молчанова

Эта история пересказывалась в бесчисленных статьях (в том числе и в журнале «Химия и жизнь», 2006, 8), нескольких книгах и одной Нобелевской лекции. Но сейчас появился повод рассказать ее еще раз. Седьмого августа ушел из жизни Кэри Муллис (1944–2019)



Художник П.Перевезенцев

Майским вечером 1983 года по горной дороге в Калифорнии ехала машина, за рулем которой был малоизвестный 38-летний биохимик — сотрудник фирмы «Cetus», любитель женщин и серфинга. Он обдумывал небольшую проблему, связанную с выявлением мутаций в ДНК, а на соседнем сидении дремала его подруга. Внезапно он остановил машину и быстро стал что-то записывать. Сломал карандаш, продолжал писать ручкой. Подруга удивилась, попросила ехать дальше, но через милоу он остановился снова. Идея, которая пришла ему в голову, была одновременно сносшибательной и слишком простой: наверное, в ней есть ошибка либо кто-то уже обнаружил раньше. Но если нет ошибки и все придумано впервые, то впору кричать: «Эврика!».

Нобелевская лекция, в которой автор открытия рассказал об этой поездке, была произнесена им десять лет спустя. Автора звали Кэри Муллис. А метод, придуманный им, получил название полимеразной цепной реакции (ПЦР), и вся молекулярная биология разделилась на периоды «до ПЦР» и «после ПЦР».

Ранние годы

Как положено, интерес к химии у Муллиса возник в детстве. Интереснее всего, конечно, было что-нибудь взрывать вместе с товарищами, или поджигать термитную смесь, или запускать в небо ракету с лягушкой так, чтоб пассажирка вернулась живой на землю (эпоха после запуска первого спутника, мечты о космосе, сами понимаете). Все необходимое, от реактивов до бикфордова шнура, тогда можно было легко купить.

В студенческие годы работал в компании «Columbia Organic» — сначала Муллис занимался закупками реактивов, потом ему с приятелем Элом доверили синтезировать недостающие вещества. Лабораторию устроили в гараже, и без приключений не обошлось: так, после синтеза бромацетофенона в гараж случайно зашла бабушка Эла. А бромацетофенон имеет сильный слезоточивый эффект, и бабушка потом некоторое время не разговаривала с внуком. Но сильно она не пострадала, а вот кусту камелий, который рос рядом с импровизирован-

ной вытяжкой, повезло меньше. Другая история случилась уже рядом с химической лабораторией Технологического института Джорджии, где Кэри Муллис усердно учился: ему нужно было избавиться от ненужных запасов алюмогидрида лития, и поллицейского, стоявшего поодаль, глубоко поразил столб алого пламени над сточной канавой.

Потом учеба в Беркли, где научным руководителем Муллиса был Джо Нейландс. Он давал своим аспирантам свободу: работайте над тем, что вам интересно, только все-таки по возможности учитесь и постарайтесь защититься. Нейландс тогда не слишком надеялся на большие научные успехи юного Муллиса: тот слишком разбрасывался, черезчур интересовался женщинами, да к тому же в конце 60-х годов активно (и не всегда удачно) экспериментировал с пока еще не запрещенными наркотиками — и как химик-синтетик, и как потребитель. Однако время на науку все же находилось. А в 1968 году Муллис накатал статью «Космологическая значимость обращения времени» и послал ее в самый престижный научный журнал — «Nature». Вообще-то космологией он не занимался: все его знания были почерпнуты из книжек и, по собственному признанию, из опыта употребления психоактивных препаратов. Но времена были свободные, и статью нахального аспиранта напечатали.

После Беркли начался период поиска себя. Детская кардиология, фармацевтическая химия, неудачная попытка стать писателем, бурная семейная и личная жизнь — и в конце концов возвращение в химию. Калифорнийская компания «Cetus» была одним из первых биотехнологических предприятий. В 1979 году до тамашных знаменитых работ по интерлейкину и интерферону еще далеко. Зато там давали деньги под синтез ДНК. Олигонуклеотиды (короткие цепочки ДНК) производились легко и в больших количествах, и у Муллиса возник вопрос: но что-то же надо с ними делать? Может быть, удастся их как-то применить в диагностике?

В 1983 году Муллис в своей работе столкнулся с небольшой проблемой, которая касалась обнаружения точечных мутаций в ДНК — в том числе тех, которые приводят к тяжелым генетическим заболеваниям, таким как серповидноклеточная

анемия. Об этой проблеме думал за рулем в тот самый вечер. И собственно, именно в процессе размышлений о технических трудностях возможных экспериментов и способах их преодоления (для интересующихся — все подробности рассказаны в его Нобелевской лекции, английский текст которой легко найти в Интернете) он внезапно понял: та процедура, которая почти случайно пришла ему в голову для решения конкретной задачи, является универсально значимой. Потому что это способ быстро и легко получить любое количество копий интересующего нас участка ДНК.

Открытие

Действительно, с самых ранних времен молекулярной биологии именно размножение нужного участка ДНК было одной из центральных проблем. Хромосомная ДНК имеет огромную протяженность, а количество ее копий в биообразце обычно мало, порой в нашем распоряжении есть только единичная молекула. А для мало-мальски удобных исследований нужно, чтобы все было наоборот: много копий сравнительно небольшого участка, с которым мы хотим работать. (До ПЦР эти копии получали методом клонирования ДНК с помощью бактерий, в некоторых случаях его применяют и сейчас, но он намного дольше, неудобнее и дороже.)

Идея ПЦР невероятно проста, и ее понимание не требует никаких дополнительных знаний — достаточно описания и картинки. Напомним: ДНК состоит из звеньев-нуклеотидов четырех типов: А, Г, С и Т (от названий входящих в них азотистых оснований: аденин, гуанин, цитозин и тимин). В молекуле ДНК две нити, каждая из которых полностью определяет другую: напротив Г в одной нити всегда стоит С в другой, а напротив А всегда стоит Т. Это соотношение называется *комплементарностью*. Именно благодаря ей молекула ДНК копирует себя при делении клетки: нити разделяются, на каждой строится комплементарная нить из нуклеотидов, а основной фермент, который за это отвечает, называется ДНК-полимераза. В результате из одной молекулы получаются две точно такие же.

Небольшое дополнительное замечание. Два конца каждой нити ДНК химически не эквивалентны между собой. Один называют 5'-концом, другой 3'. Присоединение новых нуклеотидов возможно только с 3'-конца, то есть у каждой нити есть определенное направление. И в двойной спирали ДНК две комплементарные нити всегда направлены противоположно.

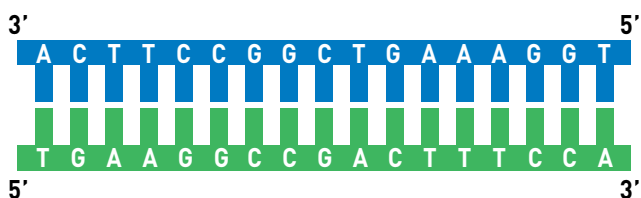
Итак, что же можно сделать, чтобы получить любое число копий интересующего нас участка ДНК (назовем его *мишенью*)? Прежде всего надо синтезировать две коротких одноцепочечных ДНК, которые называются *праймерами*. Они комплементарны двум участкам ДНК на концах фрагмента-мишени: для молекулы на рисунке — левому участку верхней нити и правому участку нижней нити. Праймеры в большом количестве добавляют к раствору исходной ДНК. Туда же добавляют смесь четырех нуклеотидов, из которых и будут строиться копии интересующего нас участка.

А дальше действуем согласно рисунку на странице 4.

а) Денатурация. В начале каждого цикла нагреваем двуспиральную ДНК, и она разделяется на две нити.

б) Отжиг. Охлаждаем. Праймеры связываются с концами фрагмента-мишени.

в) Удлинение. Добавляем ДНК-полимеразу, ждем. Праймеры удлиняются.



Структура ДНК



Переходим к следующему циклу.

Из рисунка видно, что уже с третьего цикла получаются двуспиральные копии только нужного участка ДНК (обведены рамками). Конечно, образуется много мусора — копий «с хвостами». Но их число растет линейно — а число копий нужного участка растет экспоненциально! После третьего цикла их немного, но уже после десятого цикла их тысяча. А после тридцатого — миллиард. И если удастся автоматизировать процесс...

Все стадии, изображенные на рисунке, были хорошо известны. Но до Муллиса никому не приходило в голову их объединить.

Правда на самом деле все-таки приходило. Постфактум удалось раскопать статью 1971 года в «Journal of Molecular Biology» (которую Муллис вряд ли видел). Одним из ее авторов, кстати, был великий Хар Гобинд Корана — участник расшифровки генетического кода и нобелевский лауреат. В этой работе высказана сходная идея о копировании небольшой синтетической молекулы ДНК. Но эксперимент то ли проведен, то ли нет, о результатах ничего не сказано. И не было главного: понимания, зачем это нужно. Недаром до открытия Муллиса (и последующих патентных споров) статью 1971 года выпустили из вида. В конце концов, викинги побывали в Америке за полтысячи лет до Колумба, но кого это сейчас волнует, кроме историков?

Победа

Обдумав новую идею на выходных, потрясенный Муллис в понедельник на работе попытался расспросить коллег: может быть, такие циклические реакции на самом деле давно используются, а он просто не в курсе? Нет, никто ничего такого не использовал. Но никто и не был взволнован: мало ли какие безумные идеи бывают у людей...

В сентябре 1983 года Муллис впервые попытался реализовать свою идею в лаборатории. Наскоком ничего не вышло: условия были подобраны неверно. А вот в декабре пришел первый успех: удалось размножить небольшой фрагмент плазмиды, маленькой кольцевой молекулы ДНК. Правда, Муллис в это время сильно переживал из-за любовной неудачи и не особенно обрадовался.

В 1985 году первая статья с описанием работы, проведенной с использованием ПЦР, появилась в «Science». При этом само описание метода Муллису не удавалось опубликовать в ведущих журналах — в редакции «Nature» его сочли малоинтересным (то ли дело космологические фантазии!), да и в «Science» отреагировали лишь спустя несколько лет. Зато бурно.

Кстати, анекдотическая подробность: авторам статьи 1985 года в «Science» предъявило претензии американское правительство. Почему публикация не была согласована с Министерством энергетики? Название «цепная реакция» вызвало у кого-то ассоциации с ядерными процессами, и пришлось объяснять разницу между ДНК и атомной бомбой.

А к 1986 году подоспело важное усовершенствование. Дело в том, что автоматизации процесса мешала одна неприятная проблема: ДНК-полимераза, использовавшаяся на первых порах, теряла свою активность при нагревании, как и вообще

большинство белков. Поэтому в каждом цикле ее требовалось добавлять заново. Рэндалл Сейки и Генри Эрлих из «Cetus» стали использовать Taq-полимеразу — аналогичный фермент из бактерий *Thermus aquaticus*, живущих в горячих источниках. Она не портилась даже при нагревании до 70–75°C, и ее достаточно было добавить к реакционной смеси всего один раз — в самом начале.

Тут потихоньку стали появляться общедоступные автоматические приборы, первым из которых стал PCR-1000 Thermal Cycler. Примерно тогда же пришло и признание в научном сообществе, которое стало расти примерно так же, как количество копий участка-мишени при ПЦР, — лавинообразно. С компанией «Cetus» Муллис вскоре расстался (связанные с этим вопросы денег и патентных прав — отдельная непростая история), а метод ПЦР продолжил свое победное шествие и продолжает его по сей день.

Сейчас ПЦР используют при диагностике генетических и онкологических заболеваний, обнаружении и мониторинге вирусных инфекций, анализе генетического материала в криминалистике, установлении родства, при генно-инженерных и исследовательских манипуляциях. Во многих тысячах лабораторий стоят маленькие аккуратные приборчики для проведения ПЦР — амплификаторы. Есть ПЦР с обратной транскрипцией (для анализа РНК), ПЦР в реальном времени, позволяющая определить не только присутствие фрагмента-мишени, но и его изначальную концентрацию, инвертированная ПЦР и еще с десяток разновидностей метода. И даже те из нас, кто никогда не слышал про полимеразную цепную реакцию, живут в мире, который изменился благодаря ей.

Нобелевская премия казалась неизбежной: вопрос был только в том, когда именно. Джо Нейландс, друг и бывший руководитель Муллиса, на всякий случай советовал ему вести себя скромнее: ладно женщины и серфинг, но если везде рассказывать и о прошлом опыте с ЛСД, то Нобелевский комитет может решить подождать лет двадцать, пока беспокойный клиент не уgomонится. Но в результате все произошло довольно скоро — через десять лет после фактического открытия ПЦР, через считанные годы после ее широкого распространения.

В том же 1993 году премию по химии получил канадец Майкл Смит — за другие исследования ДНК (сайт-специфический

мутагенез). На Нобелевскую церемонию оба биохимика приехали с бывшими женами, с детьми и с новыми подругами. Именно тогда Кэри Муллис прочел свою знаменитую Нобелевскую лекцию, познакомился с семейством Клинтон и шведской королевской семьей — заодно предложил своего сына в жены принцессе, попросив в приданое всего лишь треть королевства. Во фраке, сшитом для нобелевской церемонии, Кэри через несколько лет женился в четвертый раз, и этот брак, в отличие от предыдущих, оказался прочным и счастливым.

Танцы на поле разума

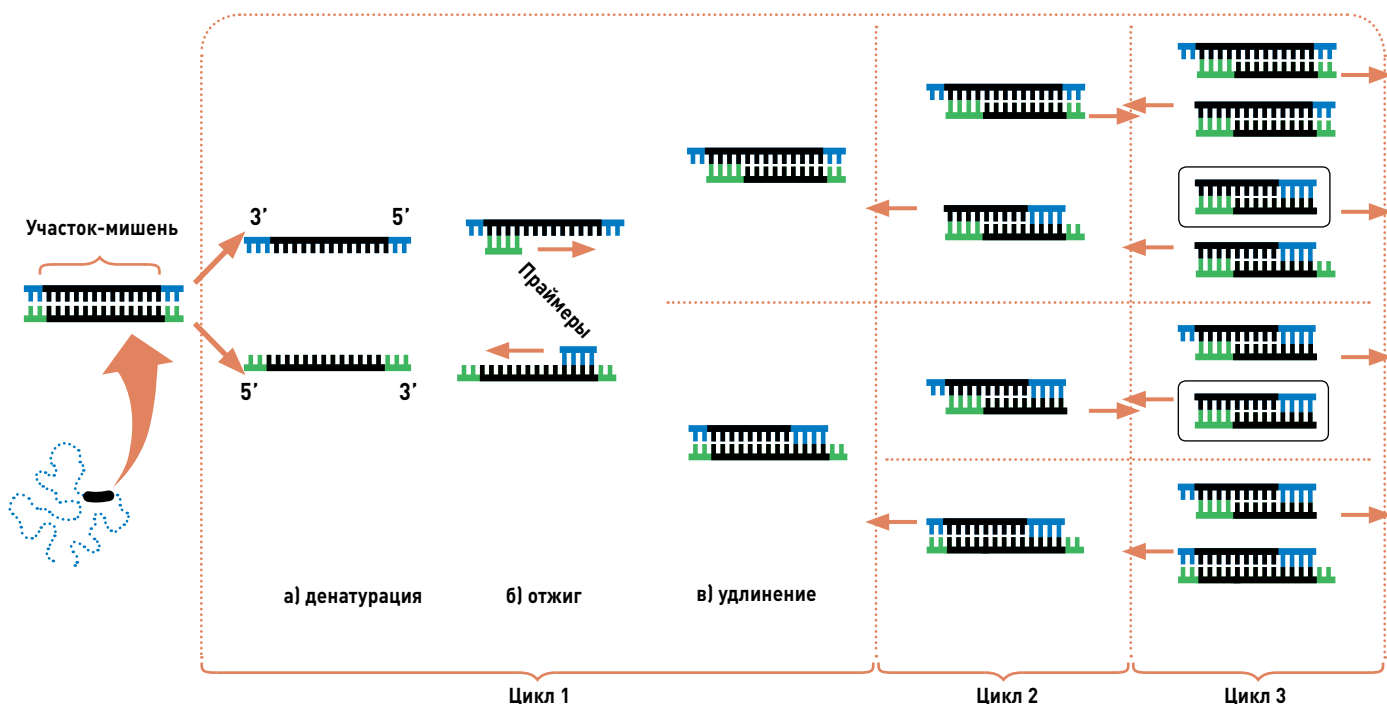
Конечно, у Муллиса были и другие изобретения (включая пластик, меняющий цвет при ультрафиолетовом облучении), а в последние годы компания «Altermune», где изучали способы модификации иммунного ответа. Но, как часто бывает, все последующие результаты были несопоставимы с его главным достижением.

Знаменитый астрофизик Мартин Рис однажды сказал: «Я замечая три разных способа стареть среди ученых. Первые два — стать администратором или удовлетвориться посредственной научной работой. Третья возможность — без подготовки броситься на неведомую территорию и быстро столкнуться с чем-то непосильным».

Человек с темпераментом Кэри Муллиса должен был выбрать третий путь. Конечно, не он первый и не он последний. Лайнус Полинг, величайший химик XX века, прославлял чудодейственные свойства витамина С и создавал «ортомолекулярную медицину». Брайан Джозефсон, до сих пор здравствующий нобелиат 1973 года по физике, известен своим интересом к парапсихологии и гомеопатии. Но Муллис проявил исключительную разносторонность: трудно найти популярную область, где бы он не отметился необычными и громкими заявлениями. И не всегда можно сказать, были эти заявления высказаны всерьез или ради тонкого издевательства.

Так, Муллис разругал психологов и социологов за то, что они не учитывают такую важную вещь, как астрология, — «ведь не случайно три незнакомца верно угадали, что я Козерог». Но астрологией сейчас мало кого удивишь, а вот и кое-что более необычное: про Муллиса говорили, что это единственный нобелевский лауреат, общавшийся с инопланетянами. В 1985 году, идя с фонариком в уборную на своем участке в Калифорнии, он — как сам рассказывал — встретил светящегося

Принцип ПЦР (объяснения в тексте)





ПЦР, а о СПИДе, и однажды за такую отмененную лекцию он вдруг получил приличную денежную компенсацию от фирмы «Glaxo» — производителя азидотимидина, лекарства против ВИЧ. Муллис злорадно отмечал: «Никогда я не получал таких сумм за то, что просто ничего не делал».

Казалось бы, в вопросе о связи ВИЧ и СПИДа не надо приводить доказательства. Но Муллис никогда не был вирусологом, и к тому же его взгляды на проблему сформировались еще в 80-е годы XX века. Тогда информации было намного меньше, чем сейчас, а затем, наверное, от заявленной позиции уже было невозможно отказаться. Ирония в том, что и тогда, и сейчас именно ПЦР чрезвычайно полезна при диагностике ВИЧ-инфекции — как способ прямого выявления вируса вместо обнаружения антител к нему. Это дает, например, возможность ранней диагностики инфекции, диагностики у новорожденных (при необходимости), а также объективного контроля эффективности терапии. Словом, в ряде случаев именно ПЦР — метод выбора. И она же — метод, позволяющий разбить многие аргументы ВИЧ-отрицателей.

В 1998 году вышла полумолюристическая автобиография Муллиса «Танцуй нагишом на поле разума». (К сожалению, перевод не передает игру слов — оригинальное название «Dancing Naked in the Mind Field» отсылает к известному музыкальному альбому «Dancing Naked in the Minefield», где голые танцы исполняются на минном поле.) Некоторые фразы из этой книги стоит процитировать просто ради удовольствия.

«Химики всегда считают себя умнее биохимиков. Конечно, физики считают себя умнее химиков, математики считают себя умнее физиков, а философы одно время считали себя умнее математиков, пока в этом столетии они не обнаружили, что им уже толком не о чем говорить».

«Человек, написавший инструкции по безопасному использованию хлорида натрия в лаборатории, видимо, считал, что это смесь металлического натрия и газообразного хлора, а не то невинное соединение, которое люди добавляют в еду для улучшения вкуса и называют солью. Вот что происходит, когда у правительственных органов, где никто ни перед кем конкретно не отвечает, срывает крышу».

«У людей, включая математиков, есть такое представление: чем меньший размер имеет что-то, тем больше его фундаментальная важность. В то же время чем больший размер имеет что-то, тем больше его фундаментальная важность. Может быть, имеет смысл пересмотреть наши взгляды на фундаментальное?»

Скептически относясь к успехам противораковой химиотерапии, Муллис писал: «Мне не нужны лекарства, из-за которых мои волосы выпадут». Ему не пришлось думать о том, принимать или не принимать эти лекарства. В августе 2019 года он умер от воспаления легких.

Ему было 74 года.

Эта статья — дань его памяти.

енота, который сказал: «Добрый вечер, доктор». Утром, после некоторого провала в памяти, Муллис обнаружил, что рядом нет ни енота, ни фонарика. Он уверял, что в тот момент был в трезвом уме и что наверняка судить об инопланетной природе встречи не может, но есть, есть указания на то, что в этом месте произошло нечто странное.

Впрочем, главное в другом. Кэри Муллис не выносил Систему. Он был убежден: политики, чиновники, группы влияния вытесняют настоящий научный метод, играя на наших чувствах вины и страха, подчиняя направления исследований своим интересам, подменяя серьезные доказательства пропагандой. И чем более модной и общепринятой была теория, тем с большим удовольствием он ее отвергал.

Его раздражали концепции здорового питания: ладно, я и сам не люблю маргарин, но если вы говорите о его злодейской сущности, то где убедительные доказательства? Он критиковал популярные представления о влиянии человека на озоновый слой и на климат. В своей критике он ссылался на принципы Роберта Бойля и Лондонского королевского общества: если вы не можете что-то измерить или сделать точные предсказания на основе своей теории и представить их коллегам, не беспокойте нас этим!

И что поразительно, Кэри Муллис не верил в однозначную связь между ВИЧ и СПИДом. Он поддерживал печально знаменитых ВИЧ-диссидентов, не раз говорил о своих взглядах на лекциях — а лектором он был популярным. Бывало, что его лекции отменяли, узнав, что он собирается говорить не о



Химическая посуда очищает раствор от кислорода

ХЕМОСКОП

Разработана новая лабораторная посуда, которая удаляет кислород из налитой в нее жидкости. Чтобы активировать столь полезное свойство, нужно внести в колбу немного глюкозы, и после этого можно проводить реакции, чувствительные к кислороду, не изолируя реакционную смесь от окружающей среды («Chemical Communications», 2019).

В любом органическом растворителе содержится небольшое количество растворенного кислорода, и это головная боль многих химиков-синтетиков. Множество реакций чувствительно к кислороду — он может окислить конечный или промежуточный продукт, дезактивировать металлокомплексный катализатор, остановить процесс полимеризации или направить его по пути образования побочных продуктов. От кислорода избавляются разными способами, в зависимости от того, насколько чувствительно к нему содержимое колбы: пробулькивают через раствор аргон или проводят процесс в изолированном от окружающей среды перчаточном боксе. Существующие методы деоксигенации реакционной смеси утомительны, требуют времени и ресурсов, поэтому новая посуда наверняка понравится химикам.

Чтобы получить деоксигенирующее стекло, исследователи из Мельбурнского университета, работающие в группе Грега Цзяо, привили альдегиды к внутренней поверхности обычных флаконов и мерных цилиндров, после чего добавили раствор фермента глюкозооксидазы. Альдегидные группы провзаимодействовали с аминокруппами белка и закрепили фермент на поверхности стекла. Посуда к работе готова.

Иммобилизованная глюкозооксидаза

Посуда, внутренняя поверхность которой несет фермент глюкозооксидазу, может удалять из реакционной смеси кислород — он превращается в перекись водорода

Принцип ее действия таков: в посуду помещают реакционную смесь с добавкой глюкозы. Иммобилизованный на стекле фермент катализирует ее окисление тем самым кислородом, который растворен в реакционной смеси: фермент катализирует восстановление кислорода до перекиси водорода, попутно окисляя глюкозу до глюколактона, который гидролизует до глюконовой кислоты. (Перекись водорода затем превращается в гидроксильные радикалы и реакции не мешает.) Так как кислорода в органических растворителях обычно мало, а фермент заставляет реакцию протекать быстро, весь кислород успевает израсходоваться на окисление глюкозы прежде, чем вмешается в основной процесс, протекающий в колбе. Метод подходит для воды и любых органических растворителей, смешивающихся с водой.

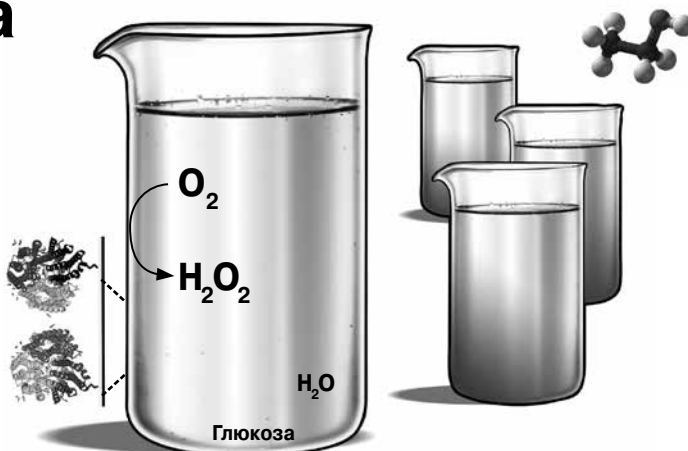
Цзяо с коллегами разработали новый тип посуды не для того, чтобы сделать счастливыми всех химиков-органиков, они решали собственные проблемы. Группа

Цзяо изучает особо чувствительный к кислороду вид полимеризации, полимеризацию путем обратимого присоединения и фрагментирования, и в какой-то момент, устав от хлопот с деоксигенацией, они подумали, что неплохо бы завести посуду, которая сама позаботится обо всем.

Деоксигенирующую посуду можно использовать многократно. Фермент сохраняет активность как минимум в течение 45 дней при комнатной температуре, а также после девяти химических синтезов с применением метанола как растворителя, последующим мытьем посуды и деликатной сушкой.

Когда же новая посуда появится в лабораториях? Исследователи говорят, что очень скоро: они хотят еще увеличить стабильность фермента, закрепленного на стекле, и после этого производство такой посуды будет запущено.

Понятно, что новинка подойдет не всем. Как несложно догадаться, для тех реакций, на ход которых могут повлиять гидроксильные и альдегидные группы молекул глюкозы, удалять кислород из растворителей или реакционной смеси придется старыми добрыми способами.



Новый лиганд удаляет уран из костей

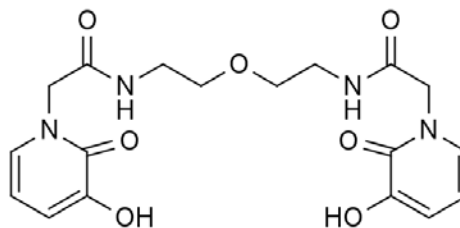
ХЕМОСКОП

Вещество, которое «откачивает» уран из организма лабораторных мышей, в перспективе сможет помочь и людям, в организм которых попали радиоактивные вещества. Исследования *in vivo* показали, что это производное пиридинона, не проявляя значительной токсичности, связывает соединения урана, уже осевшие в почках и костной ткани, и затем они благополучно выводятся («Nature Communications», 2019).

Лиганд для связывания уранил-иона

Иногда наш организм в состоянии сам избавиться от вредных веществ, но чаще ему надо помогать. Так, если в

организм человека попали соединения урана, две трети их выводится в течение суток. Увы, без надлежащего лечения оставшаяся треть продолжает циркулировать в крови в виде уранил-катиона



UO_2^{2+} и постепенно накапливается в костной ткани и почках. Со временем это может привести к развитию почечной недостаточности и хрупкости костей, поскольку соединения урана ядовиты (токсичность их в большинстве случаев опаснее для здоровья, чем радиоактивность).

Сейчас в мире функционирует 440 реакторов коммерческого назначения, которые потребляют в год 67 тысяч тонн урана, а это значит, что в добыче урана, его переработке и выделении из отработанного ядерного топлива участвует множество людей. Следовательно, риск отравлений реален и терапевтические методы, позволяющие очистить организм от урана, необходимы.

Обычно тяжелые металлы выводятся из организма с помощью так называемого хелатирования (от лат. *chela* — клешня). Пострадавшему назначают препарат, содержащий специальное вещество, скажем, диэтиленetriаминпентауксусную кислоту (ДТПА). Ее молекула обхватывает ион металла, подобно клешне. И получается комплексное соединение,

растворимое в воде, которое легко покидает организм. Однако ДТПА, чаще всего применяемая для очистки организма от тяжелых металлов, не слишком эффективно связывает уранил-катионы.

Шуао Ван с коллегами из китайского Университета Сучжоу решил найти вещество, которое можно было бы использовать для терапии урановых отравлений. Справедливости ради надо сказать, что уже были описаны малотоксичные гидроксипиридины, способные связывать уранил-ионы, однако для извлечения урана из тканей организма необходима слишком высокая концентрация этих соединений, поскольку эффективность связывания у них невысока.

Исследователи предположили, что ее можно повысить, если помешать образованию внутримолекулярных водородных связей между гидроксильной ($-\text{OH}$) и амидной ($-\text{NH}-$) группами лиганда. Такое внутримолекулярное взаимодействие отвлекает лиганд от иона металла, и, вместо того чтобы взаимодействовать с ним, лиганд «кусает сам себя за хвост». Новый гидроксипиридиновый лиганд

5LIO-1-См-3,2-НОРО не имеет подобного недостатка.

Сродство нового соединения к уранил-иону оказалось значительно выше, чем у других производных гидроксипиридинового ряда. Оно связывало соединения урана не только в крови, но и в почках и костях. Эксперименты на лабораторных животных показали, что лиганд 5LIO-1-См-3,2-НОРО успешно хелатирует уран даже через 48 часов после попадания металла в организм. Это важно, так как не всегда человеку, подвергнутому воздействию урана, может быть немедленно оказана медицинская помощь.

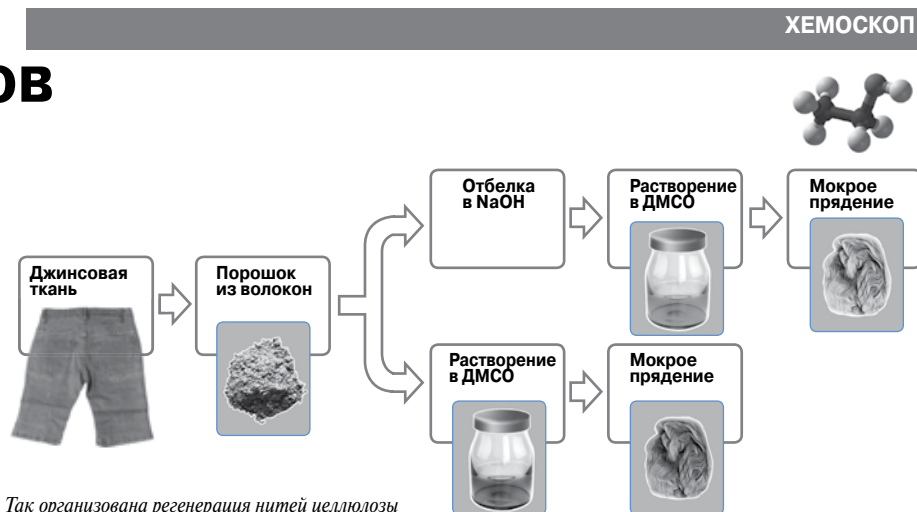
Ван и его коллеги испытали различные способы введения лекарственного препарата в организм. Работают и инъекции, и таблетки, пусть и несколько хуже. В обоих случаях содержание урана в организме падает. Не исключено, что работа китайских ученых рано или поздно сможет стать основой для разработки «противоурановых таблеток», которые пока существуют только в фантастических романах и компьютерных играх.

Новая жизнь старых джинсов

Старая одежда и текстильные материалы занимают второе место среди бытовых отходов, уступая только изделиям из синтетических полимеров. Исследователи из австралийского Университета Дикина разработали процесс рециклизации хлопчатобумажных тканей («ACS Sustainable Chemistry & Engineering», 2019).

Хлопковые плантации занимают обширные территории, выращивание хлопка требует значительных ресурсов, поэтому многие химики и технологи стараются разработать процесс регенерации целлюлозы из отходов текстиля, подобный производству бумаги из макулатуры.

Уже можно говорить об определенных успехах — хлопчатобумажные ткани научились растворять в ионных жидкостях, разрушая до отдельных волокон целлюлозы. Затем из растворов формируют нити, из которых делают ткань. Однако ионные жидкости — соли, размер катиона или аниона которых не позволяет при комнатной температуре сформировать устойчивую кристаллическую решетку, из-за чего они остаются жидкими, — стоят дорого. К тому же они вязкие, поэтому работать с чистыми ионными жидкостями сложно. Доктор Нолен Бирн с коллегами нашел решение обеих проблем.

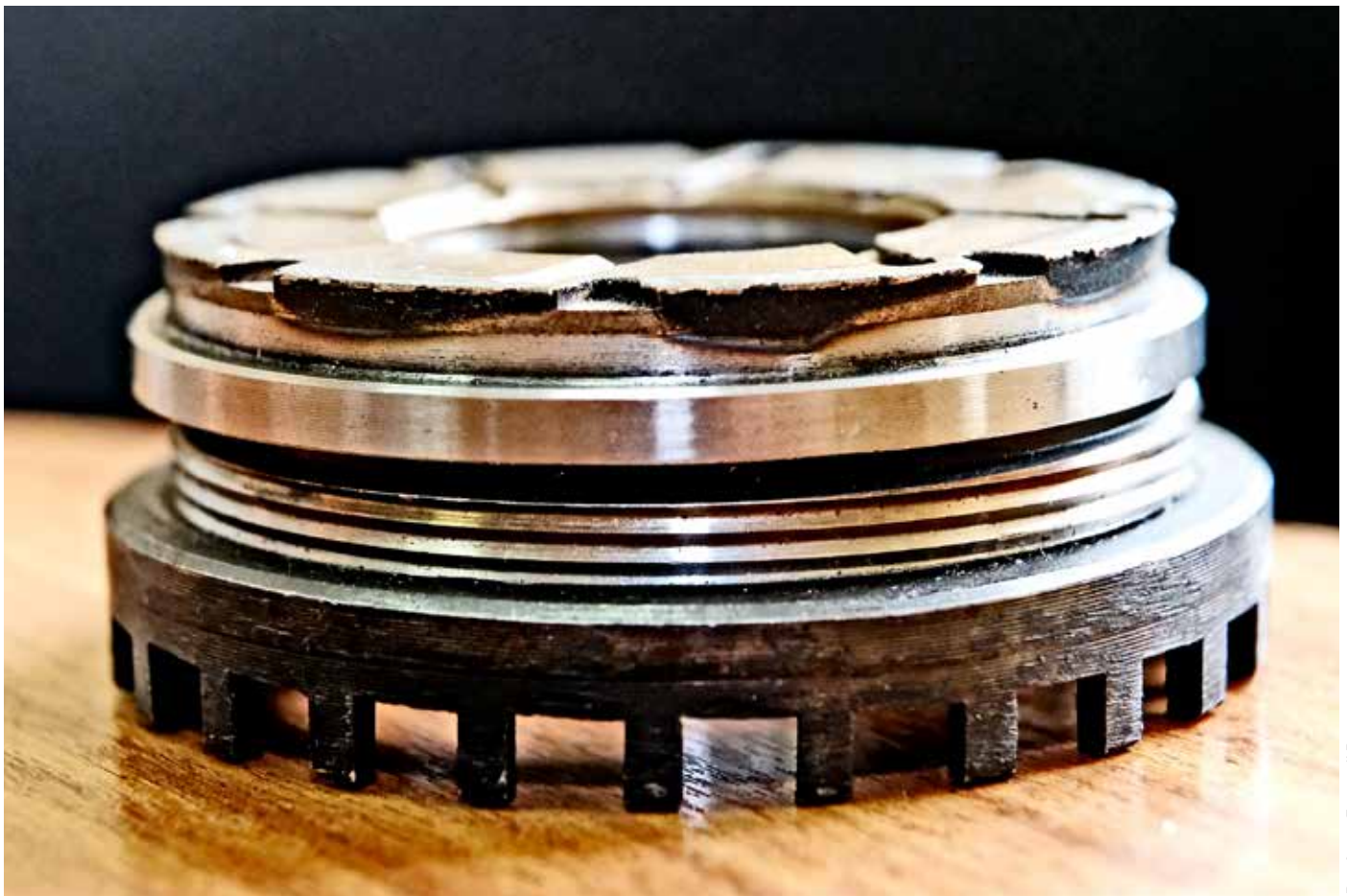


Так организована регенерация нитей целлюлозы из отходов хлопчатобумажных тканей

Исследователи предложили следующий метод: ткань размалывают в порошок, который затем обесцвечивают водным раствором гидроксида натрия (NaOH). А можно и не обесцвечивать, если есть желание сохранить цвет регенерируемой ткани, — это позволит сэкономить дважды, и на щелочи, и на крашении. Далее измельченную в порошок ткань растворяют в смеси ионной жидкости (ацетате 1-бутил-3-метилимидазолия) и гораздо более дешевого, чем ионная жидкость, диметилсульфоксида (DMSO), взятых в соотношении 1:4. Высокое содержание DMSO в растворе, предназначенном для растворения целлюлозных волокон, не только удешевляет регенерацию

ткани на 77%, но и снижает вязкость раствора, облегчая прядение новых волокон целлюлозы. Применяется метод мокрого прядения: вязкий раствор полимера пропускают через фильеры, струйки попадают в коагуляционную ванну с осадителем и превращаются в тонкие нити (в отличие от сухого прядения, при котором струйки получают из горячего раствора, а волокно образуется при простом испарении растворителя). После промывки, сушки и прочих необходимых процедур волокно готово для новой жизни.

Выпуск подготовил
кандидат химических наук
А.И. Курамшин



Все фото: Дмитрий Васильев

Износ и медное мыло

Кандидат физико-математических наук
С.М. Комаров

История создания смазки, которая позволяет избежать износа при трении, началась в 1956 году в СССР. Однако тогда это открытие отечественных инженеров оказалось невостребованным. Удивительно, что и в 2019-м, спустя 28 лет после перехода к рыночной экономике, оно не превратилось в коммерческий продукт. О непростой судьбе открытия и созданных на его основе материалов нашему журналу рассказал кандидат технических наук Сергеем Михайловичем Мамыкиным, технический директор компании «КУП-ПЕР», которая выпускает масла серии «Copper», способные обеспечить эффект безызносности деталей при трении.

Безызносность

Эффект безызносности, точнее, избирательного переноса металла, в 1956 году обнаружили Д.Н. Гаркунов, который тогда служил в люберецком НИИ эксплуатации и ремонта авиационной техники, и И.В. Крагельский, руководитель лаборатории общей теории трения в Институте машиноведения АН СССР (ИМАШ), ныне носящем имя академика А.А. Благонравова. «Гаркунов участвовал, в частности, в

разборе авиационных происшествий, — рассказывает С.М. Мамыкин. — В 1950-х годах в армию стал поступать новый фронтальный бомбардировщик Ил-28. А спустя несколько лет машины начали часто выходить из строя. Выяснилось, что конструкторы недостаточно тщательно провели расчет: шасси не выдерживали вес. В этих шасси был стальной шток, который ходил в бронзовом цилиндре. Этот шток и оказался слабым местом. Чтобы разобраться в причинах, систему из штока и цилиндра стали всячески испытывать. И вот при некоторых режимах обнаружили интересный феномен: полированная поверхность штока меняла цвет, на ней появлялись красноватые участки: происходил перенос меди на сталь».

Изучение явления показало, что так мягкая медь образует на твердой стальной поверхности защитную пленку, которая препятствует трению не в пример лучше смазки, специально разработанной для этой цели. Более того, процесс избирательного переноса основан на самоорганизации — пленка возникает только там, где материал штока испытывает наибольшие нагрузки, то есть вся система, состоящая из двух трущихся деталей и слоя масла между ними, приспосабливается к условиям трения. И последствия трения уменьшаются не количественно, а качественно — износ деталей падает в разы. Это открытие принесло Гаркунову мировую славу. Так, в 2005 году ему присудили Золотую медаль Английского королевского общества инженеров-трибологов (см. «Химию и жизнь», 2006, 5).

Вверху: трение сильно поработало над этим локомотивным подшипником

На основании явления избирательного переноса в ИМАШе стали разрабатывать смазки, способные создавать на трущихся деталях слой, подобный хрящу на человеческих суставах, то есть снижающий трение, но при этом самовосстанавливающийся при повреждении (см. «Химию и жизнь», 1974, 5). Важную роль в составе этих смазок играли поверхностно-активные вещества, попросту — мыла: они освобождали поверхность металла для осаждения на ней нужных молекул защитного «хряща».



Зловредный водород

Спустя несколько лет Гаркунов и Крагельский открыли смежный эффект — водородное изнашивание металлов. Проявляется это явление удивительным для материаловедов образом: прочная сталь или твердый чугун истираются не только друг о друга, но и о мягкую медь, а то и вовсе о пластмассу, например, в тормозах локомотивов. В результате такого износа железо, как масло на хлеб, намазывается на поверхность пластика. Как может мягкое разрушать твердое? Эта мысль долго не давала спать трибологам, однако найти объяснение повезло Гаркунову и Крагельскому.

Изучая безызносное трение, они исследовали системы, в которых не было окисления металла, для чего опыты ставили в атмосфере водорода. А он образовывался в виде атомов при распаде глицериновой смазки. Тогда-то и заметили, что при нагреве выше 65°C, как раз, когда начинается разрушение молекул глицерина с освобождением водорода, сталь катастрофически крошится и намазывается на бронзу. Микроанализ показывал, что это не совпадение: в поверхностном слое стали концентрация водорода высока. Логично было предположить, что любая органическая смазка станет при трении, которое всегда приводит к нагреву, давать водород. Однако явление наблюдали и при трении стали о фторопласт, где нет никакого водорода. Откуда же он берется? Подсказку дали железнодорожники: они заметили, что износ колес возрастает весной и осенью, то есть во влажное время года. А в 1969 году немецкие трибологи установили: при трении вода бурно реагирует с чугуном или алюминием, давая оксид металла и атомарный водород.

Как оказалось, к микроскопическим разрушениям стальных изделий во время трения причастно водородное охрупчивание — формирование пузырьков водорода внутри металла и развитие вокруг них трещин. Обычно при таком разрушении металла начинает развиваться лишь одна трещина, поглощая более мелкие. При водородном износе трещинки протягиваются из всех возникших пузырьков, и материал может буквально рассыпаться. Согласно Гаркунову и Крагельскому, водород (см. «Химию и жизнь», 1977, 2) скапливается не у поверхности стали, а на некоторой глубине, потому что именно там металл наиболее сильно нагревается при трении.

Водород и хрупкость

Механизм разрушительного действия водорода вполне укладывается в хорошо изученное металловедом явление так называемого водородного охрупчивания стали. Схема его такова. Атом водорода без особого труда проникает в сталь и перемещается по ее кристаллической решетке, поскольку это самый маленький атом. Однако если водород попадет в область деформации растяжения, то задержится там надолго: он ведь также создает растяжение кристаллической решетки, поэтому в такой области его энергия окажется меньше; исчезнет стимул покидать столь комфортное место. И там он может дожидаться второго атома, после чего они сформируют мо-

лекулу. А вот она уже не будет свободно гулять по железу и останется в этом месте надолго. Созданная водородом область растяжения притягивает другие атомы, блуждающие по решетке железа, и там начинает расти пузырек газа. Если конструкция работает при знакопеременных нагрузках, пузырек быстро превратится в трещину: материал охрупчится.

Этот механизм прекрасно работает вблизи концентраторов напряжений, то есть у вершин микротрещин и всяческих надразов на поверхности металла. Поэтому там, где таких надразов много, водородное охрупчивание проявляется в большей степени. Например, слабым элементом конструкции оказываются болты — концентраторами напряжения служит их резьба.

Благодаря водородному охрупчиванию порой разрушаются огромные здания, где балки держатся на болтовых соединениях. Например, доктор физико-математических наук В.И. Саррак, заведовавший лабораторией физической природы хрупкости и разрушения металлических материалов ИМФ ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, утверждал, что ярким примером служит разрушение циклопического, 118-метрового, купола здания для ультравысоковольтного стенда Всесоюзного энергетического института им. В.И. Ленина в подмосковной Истре. Он рухнул в январе 1985 года, простояв всего-то несколько месяцев: разработчики не учли в своих расчетах возможность охрупчивания болтов из-за переменной влажности.

Спасительный металл

«Мы уточнили этот механизм, — рассказывает С.М. Мамыкин. — Трущиеся детали всегда имеют неровности. Поэтому, в сущности, нагрузка отнюдь не распределена равномерно по всей поверхности: она концентрируется в том выступе, на который в данный момент давит соседняя деталь. Продолжается это краткий миг, ведь как только детали провернулись, выступ ушел из области нагружения. Однако и за короткое время из-за чудовищного удельного напряжения возможен очень сильный нагрев микроскопической области вокруг этого ничтожного выступа. В нагретой области тогда произойдет полиморфное превращение — альфа-железо станет высоко-температурным гамма-железом, параметр решетки которого в полтора раза больше. Водород по этой неплотной решетке просочится до той границы, где начинается более плотный, не превращенный металл, и там остановится. К этому времени металл остынет и гамма-железо снова станет альфа-железом — водород окажется запертым в ловушке. Так раз за разом газ станет накаливаться в одном и том же месте, и в конце концов там разовьется трещина — зловредный микровыступ выкрошится. Но износ на этом не прекратится — в возникшей каверне напряжения распределены неравномерно, это продолжает цикл поступления водорода — выкрашивание металла».

Так водород оказался основным виновником неисчислимы потерь нашей технической цивилизации от износа трущихся деталей. И спасения от него, казалось бы, нет, поскольку невозможно защитить узлы трения от влаги. Влага неизбежно породит ионы водорода при распаде воды, а железо, которое стоит слева от водорода в ряду электроотрицательности, всегда охотно отдаст электрон оказавшемуся на его поверхности протону, превращая его в атом.

«Спасение от водородного износа существует, — рассказывает С.М. Мамыкин. — Дело в том, что Гаркунов не догадался соединить оба своих открытия — безызносное трение в результате образования тонкой пленки меди и водородное изнашивание. А они ведь прекрасно соединяются. Медь — один



С.М. Мамыкин у прибора, на котором испытывают свойства масла

Создатели героев трека

из немногих металлов, стоящих в ряду электроотрицательности правее водорода. При этом в отличие от своих твердых соседей — золота, серебра, платины — она неблагородный металл, ее можно широко применять в технике; в этом смысле медь — уникальна. С медью картина износа меняется кардинально: если на стали возникнет защитная пленка из нее, то протон не сможет получить электрон и перейти в атомарную форму. А электрические силы помешают заряженной частице попасть внутрь металла. Водород теряет возможность создавать в глубине детали газовые микропузырьки и вызывать образование трещин. Так безыносное трение оказывается следствием преодоления водородного изнашивания: для защиты от износа нужно всего-то обеспечить формирование пленки меди в тех местах, где сталь выщербилась. Материал обретет способность адаптироваться к нагрузкам и самостоятельно залечивать повреждения. В результате, прирабатываясь, деталь полируется, ее поверхность потом сияет, словно зеркало, тогда как обычно при износе, наоборот, полированная деталь становится матовой. Именно так получается, если применять созданную нами смазку, где совмещены оба открытия Гаркунова».

На основании этой идеи были созданы присадки к маслам, главная составляющая которых — это олеат меди, фактически, медное мыло: из-за него смазки марки «Supreg» приобретают различные оттенки зеленого цвета — от изумрудного до бирюзового. В растворе олеат диссоциирует, и медные ионы, отняв электрон у разогретого от трения железа, встраиваются в его поверхность, формируют пленку меди, закрывая всю каверну. А там, где каверны нет, сталь не нагревается и пленка меди не возникает. Казалось бы, с появлением такого масла в начале 90-х годов проблема износа при трении должна быть решена окончательно, однако так не случилось.

«Сейчас у нас есть небольшой совместный проект с Федерацией велосипедного спорта России, — продолжает рассказ С.М. Мамыкин. — Монополист на рынке велосипедных смазочных материалов — знаменитая японская компания «Шимано»; ее тормоза и каретки стоят на всех мало-мальски приличных велосипедах, имеющихся на рынке. Она и снабжала маслами наших спортсменов. Пять лет тому назад мы предложили смазочные материалы федерации велоспорта Московской области, они взяли пять килограммов на пробу и быстро выяснили, что наша смазка не хуже японской. А через несколько лет обнаружилось: средние результаты сборной области выросли. Для нас это было неудивительно — мы же знаем, как наше масло снижает трение за счет полировки трущихся деталей. Получился своеобразный технический допинг, когда спортсмен с теми же физическими данными за счет снижения трения дает лучший результат.

Вскоре пришел и 2016 год с олимпийским допинговым скандалом. Федерация велосипедного спорта строго-настрого запретила применять какие-либо лекарственные препараты. «Пусть побеждают за счет техники» — таков был вердикт. И тут рост результатов подмосковных спортсменов оказался очень кстати. Разобравшись, сборная страны с 2017 года уже осознанно стала использовать наши смазки, и с тех пор российские велосипедисты постоянно оказываются на пьедестале почета по итогам гонок на чемпионатах Европы и мира.

Понравились наши масла и автогонщикам, например российский разработчик гоночных болидов «Артлайн» уже пять лет использует наши моторные масла и трансмиссионные смазки в своих машинах «Легендскарс» и гоночных картах на автодроме Мячково.

Успеха в таких скоростных видах спорта удалось достичь потому, что была одна-единственная цель — получить выигрыш от снижения трения. Если же есть некая конкурирующая цель,

результат может оказаться и противоположным. Так вышло в результате нашего многолетнего сотрудничества с железной дорогой».

Бизнес 90-х

Когда случилась перестройка, С.М. Мамыкин, как многие в то время, занялся бизнесом: создал компанию, которая упрочняла узлы сцепки вагонов, благо заканчивал МИИТ и имел дружеские связи с железнодорожниками. Бизнес был вполне прибыльным, но хотелось его развивать. Как-то случай свел Мамыкина с Гаркуновым, и тогда родилась идея использовать эффект безызносности в тепловозах.

В этих огромных машинах детали двигателей испытывают большие нагрузки; они быстро изнашиваются и требуют замены. То есть нужно покупать запчасти. Когда перестройка вошла в фазу так называемого кризиса неплатежей, ситуация с запчастями стала невыносимой; не только не было денег на их закупку, но еще и было неясно, где их искать — традиционные поставщики разорялись либо перепрофилировали свои производства, а многие и вовсе оказались за рубежом.

Сокращение износа в такой ситуации выглядело как настоящая панацея, и в локомотивном депо «Рязань» согласились на проведение эксперимента — позволили залить в локомотив безызносное масло. Эксперимент вполне удался — не только износ деталей уменьшился (а об этом судят по количеству металлических частиц, которые оседают на масляном фильтре и по общему содержанию железа в масле), но и масло стало служить гораздо дольше. На железной дороге его меняют не так, как в автомобиле — в зависимости от пробега, — а по мере загрязнения. Первая порция загрязнилась быстро, но причина была не в плохих качествах масла, а в том, что содержащиеся в нем поверхностно-активные вещества отмыли многолетние отложения грязи. Вторая же прослужила, сохраняя прозрачность, в три раза дольше, чем обычно. И это логично: нет износа, трение невелико и детали не нагреваются столь сильно, что масло начинает гореть — в нем не образуются загрязнители. Снижение частоты смены масла и само по себе, без учета многократного снижения износа, дает немалую экономию, ведь в локомотив заливают сотни литров, а меняют его до трех раз в год.

Новое масло стали использовать и в других локомотивах. Однажды поставили такой эксперимент. В депо «Рязань» было два одинаковых тепловоза, работающих в сцепке, — они возили тяжелый груз и потому могли работать только в паре. В один заливали безызносное масло, в другой — обычное. Этот второй ломался гораздо чаще, а топлива расходовал больше.

Были проведены испытания и твердой смазки для подшипников. Результаты оказались великолепными: число железных частиц в отработанной смазке уменьшалось в 30–190 раз по сравнению со штатной смазкой, подшипники при длительной работе практически не нагревались. При этом один и тот же вид безызносной смазки можно было использовать вместо нескольких десятков разных смазок, рекомендованных соответствующими техническими регламентами. «Подшипники локомотивов работают при высокой нагрузке, и их надо время от времени менять. А стоят они немало. Например, сейчас для современного локомотива комплект обходится более чем в миллион рублей. Продление срока их службы за счет борьбы с износом дает огромную экономию средств», — поясняет С.М. Мамыкин.

К 1997 году слава о безызносном масле широко разнеслась среди железнодорожников.

— А сможешь ты решить проблему износа колес? — спросили Мамыкина.

— Смогу!

На участках железной дороги есть очень крутые повороты — их еще называют кривыми малого радиуса. Колеса там сильно трутся о рельсы и быстро выходят из строя. Изучение



ГЛУБОКИЙ ЭКОНОМ

поверхности и колес, и рельсов показывает, что они покрыты микрочешуйками металла подобно шкуре какого-то животного — типичный след водородного износа. Для борьбы с трением при въезде на участок ставят автоматическую масленку; она смазывает колеса проходящих поездов. Это помогает, но лишь отчасти. В такую масленку и заправили экспериментальную порцию смазки, которая подавляет проникновение водорода в металл рельсов и колес. Идея безызносности и здесь сработала — годовые потери от разрушения колес и рельсов в этом эксперименте снизились в пять раз!

Железнодорожное трение

Тем временем закончились 90-е годы, экономика стабилизировалась, как и управляющие ею организационные структуры. История с маслом успешно развивалась: на обслуживании компании Мамыкина оказалось уже почти целое Московско-Рязанское отделение Московской железной дороги, а это десятки тепловозов и десятки километров кривых малого радиуса. Эксперимент потихоньку распространялся и на другие локомотивные депо.

В 2005 году железнодорожное начальство задумалось о возрождении Кусковского завода консистентных смазок, который пришел в полный упадок: Мамыкина попросили стать директором этого завода. Он согласился и организовал участок по выпуску больших, в тысячи тонн, партий безызносных смазок для железной дороги — они составили треть всего объема производства. Несмотря на столь большой объем выпуска, эти смазки в течение шести лет применяли как экспериментальные: они не были включены в технический регламент обслуживания оборудования железной дороги, хотя еще в 2003 году коломенском Институту подвижного состава (ныне АО «ВНИКТИ»), ответственному за смазочные материалы для локомотивов железной дороги, поручили провести экспериментальную проверку эффективности моторного масла с безызносной присадкой.

«Предварительные данные, полученные в ходе эксперимента, были удивительны, — вспоминает С.М. Мамыкин. — Так, во время эксперимента депо "Новомосковск" сообщило об экономии 24,8% топлива! По окончании я сам видел заключение института, в котором было определено, что средняя экономия топлива составляет 8,8%. Это было огромное количество, в ценах 2005 года на локомотив с одним дизелем — 750 тысяч рублей в год. Однако в окончательном варианте отчета появилось 2,2%. Как так получилось?»

Это очень поучительная история, характерная для современной экономики, хотя она повторяет старую историю неуспеха Гаркунова. Отвлечемся немного от железнодорожной тематики. На XXVII съезде КПСС (1986 год) в числе директив развития народного хозяйства отдельным пунктом было отмечено — всемерно развивать технологии безызносного трения. Более того, М.С. Горбачев в отчетном докладе посетовал на то, что это открытие советских специалистов мало используют в промышленности.

Было проведено расследование, в результате которого в Министерстве топливно-энергетических ресурсов полетели головы, в частности, поста лишился один из заместителей министра. Казалось бы, дело должно наладиться, однако бюрократическая система такого насилия не стерпела и встала на защиту своих людей: Гаркунов оказался врагом целой отрасли. Ведь, выходит, целый отраслевой институт, разрабатывающий смазки, занимается вредительством и оккупирательством — их смазки не могут предотвратить износ деталей, наносящий огромный убыток народному хозяйству. И средство радикальной борьбы с износом имеется, да только институт его игнорирует. Однако именно этот институт разрабатывает технические регламенты на использование смазок. Он и затормозил дело, ведь никто не станет применять нерекомендованную смазку по понятной причине — случись какая-то авария, никому не хочется быть крайним, а хочется прикрыться параграфом инструкции. Поэтому выпуск одной марки безызносного масла наладили на одном заводе, но, при отсутствии его в технических регламентах, никто такое масло не брал, и его, как не пользующееся спросом, сняли с производства; бюрократическая система тогда одержала верх.

«В нынешнем железнодорожном ведомстве уже с нашим маслом события развивались так, — поясняет С.М. Мамыкин. — Управлению по снабжению горюче-смазочными материалами выгодно иметь большие запасы этих материалов, а поставщикам — продавать такие большие объемы. То есть их интересы совпадают. Экономия топлива и масла ведет к падению закупок, это плохо для обоих, так, у управления снижаются возможности для маневра в случае каких-то непредвиденных трат. Я знаю, что руководителям депо, где зафиксировали экономию топлива в 24,8%, было сказано — вы настаиваете на такой экономии? Смотрите, вам ведь срежут на четверть лимиты топлива, хотите? Конечно, нет, разумно согласились специалисты депо. Сотрудникам же института было прямо сказано — как хотите, а доводите

экономии топлива до 2%. Что они и сделали. Так наша дружба с железнодорожниками закончилась, и это очень печально, ведь убытки, которые железная дорога несет из-за износа, входят в цену всех доставляемых по ней товаров. То есть износ оплачиваем все мы».

Смазка лечит автомобиль и человека

Компания Мамыкина, впрочем, не осталась без работы. Масло, снижающее износ, нашло новую рыночную нишу — это автомобили.

Каждые 5–10 тысяч км или каждый год — в зависимости от того, что наступит раньше, положено менять масло в двигателе. Оно загрязняется как за счет продуктов износа, так и продуктами своего теплового разложения. Время от времени, примерно каждые 50 тысяч км, нужно менять масло в коробке передач, трансмиссии и в прочих трущихся узлах. В общем, при развитом автопарке масла нужно много, а безызносное масло может обеспечить немалую экономию. Однако есть проблема, связанная с рекомендуемыми компаниями-изготовителями автомобилей регламентами на обслуживание. Менять масло на нештатное никто не будет — чтобы не брать лишней ответственности. Казалось бы, можно изменить регламент, но тогда надо договариваться с компанией-изготовителем автомобиля или двигателя. Этот способ не сработал. «В 2009 году мы договорились с московским Первым автокомбинатом им. Г.Л. Краузе об испытаниях масла для дизельных двигателей. Автохозяйство выделило для этих целей по три автомобиля МАЗ, ЗИЛ и шесть КамАЗов. Масло прекрасно себя проявило — оно отмыло многолетнюю грязь из двигателей, и машины работали бесперебойно как холодной зимой, так и жарким летом 2010 года. В результате масло стали использовать еще на семи МАЗах, ЗИЛах и девяти КамАЗах, двигатели которых прошли капитальный ремонт. Срок замены масла при этом увеличился в полтора раза. По результатам работы было составлено обращение в компанию «Автодизель», которая выпускает двигатели, с

Масло, обеспечивающее эффект безызности, создано для самых разных механизмов



просьбой провести заводские испытания, но понимания со стороны завода найти не удалось».

Не удалось найти понимания ни в компании «Алроса» с ее парком тяжелых самосвалов, ни у нефтяников — им смазка нужна для буровых установок, ни с концерном «Калашников». «Последнее особенно печально, ведь придуманная нами оружейная смазка универсальна, — сетует С.М. Мамыкин. — Ее можно использовать не только для чистки оружия — в сущности, баллончик этой смазки должен быть в каждом доме. Она прекрасно реанимирует наглухо заржавевшие дверные петли и прочие соединения, заедающие замки, позволяет открутить приржавевшую к болту гайку. Более того, она же служит средством первой медицинской помощи при ранении, ведь медь — отличный антисептик. Я проверил действие смазки на себе — однажды глубоко распорол руку стамеской, и кровь остановить было нечем; залил порез смазкой, замотал тряпкой — к удивлению, уже через полчаса ее можно было снимать: рана затянулась, медь в организме человека отвечает за выработку белка, склеивающего ткани. Наверное, такая смазка в комплекте принадлежностей автомата Калашникова пригодилась бы бойцу в экстремальной ситуации».

В отличие от корпоративных, частные владельцы машин отнеслись к идеям безызносности с большим пониманием и сформировали своеобразный клуб любителей масла «Cuprer». Некоторые проводят на своих машинах опыты, в сущности выполняя работу вместо исследовательских подразделений автоконцернов. Результаты, выложенные на автомобильных форумах, вызывают живое обсуждение, однако, в соответствии со сложившейся практикой информационного общества, в итоге формируется вероятностная правда, когда истину находят голосованием.

Действительно, вычленишь нечто рациональное из таких опытов нелегко, ведь они проходят на различных марках машин с разной историей и в разных условиях эксплуатации. В результате кто-то наблюдает снижение расхода топлива, которое даже окупает затраты на покупку масла, кто-то нет. У кого-то масло сильно выгорает, и его приходится постоянно подливать, а кто-то отмечает его стабильную работу. У одних скорости после замены масла в коробке передач переключаются плавнее, у других, напротив, коробка передач начинает работать со скрипом. Все сходится во мнении, что масло с медным мылом прекрасно отмывает все узлы двигателя и масляно-топливной системы, однако и это может приводить к неприятностям. Например, если грязь выросла на изношенных сальниках, то она закрывает все щели и масло не просачивается. А когда грязь будет отмыта, сальники станут подтекать, и им потребуются замена. Ориентируясь на эту вероятностную правду, автолюбители приходят к мнению о покупке безызносного масла, следуя скорее зову сердца, чем доводам разума, упуская, что главное все-таки не экономия топлива или борьба с грязью, а продление срока службы трущихся деталей, борьба с износом. Износ же заметить на глазок нельзя, для этого требуется химический анализ масла.

«У нас есть автомобиль "Ларгус", который мы используем для доставки масла покупателям нашего интернет-магазина, — объясняет С.М. Мамыкин. — На нем идет длительный опыт: на одной смене масла он уже прошел более 40 тысяч км. Каждые десять тысяч мы делаем анализ масла. И видим, что его состав практически не меняется. Главное — в нем не растет концентрация железа. То есть износа практически нет. От анализа к анализу появляются и исчезают всплески концентрации некоторых химических элементов. Мы понимаем, откуда это берется — вымывается грязь из каких-то закоулков, где она накопилась при использовании штатного масла. Это очень интересный опыт — он показывает, что безызносное масло может служить неограниченно долго».



Экономический антагонизм

Опыты, которые ставят любители, дают представление о возможностях борьбы с износом. Однако для того, чтобы эффект приносил пользу не в отдельных случаях, а системно, такие опыты должны проводить сами изготовители техники и по их итогам создавать для каждого ее вида безызносную смазку с оптимальными свойствами. Этого не происходит, несмотря на полувековую историю открытия, и есть подозрение, что тут виноват не чей-то злой умысел, а действующие экономические правила.

В настоящее время на планете главенствует экономика непрерывного роста. В ней успех стран оценивают по росту ВВП, компаний — по росту доходов. Соответственно, на всех уровнях субъекты экономики стремятся поддерживать этот рост, что неизбежно требует не экономии, а роста используемых ресурсов. В результате призыв Л.И. Брежнева — «экономика должна быть экономной» — оказывается своеобразным прозрением: имеющаяся экономическая система принципиально не способна бережно расходовать ресурсы и для экономии требуется совершить некое волевое внеэкономическое усилие.

В самом деле, снижение износа, расхода масла и расхода топлива нужно лишь двум экономическим субъектам: человечеству в целом и отдельным конечным пользователям. Первому это нужно потому, что возрастающее использование ресурсов ведет к ликвидации его среды обитания. Второму же дает экономию личных ресурсов. Но вот всей рыночной цепочке, что стоит между изобретателем безызносного масла и его потребителем, экономия совершенно не нужна. Снижение расхода масла наносит ущерб интересам работников сервиса, которые получают доход от его замены. Не нужно долго работающее безызносное масло и продавцу — ему требуется товар, который покупают как можно чаще. Снижение износа бьет по сервису, продавцу и изготовителю запчастей. «Вечный» автомобиль — вообще ночной кошмар любого автоизготовителя. При таком конфликте интересов трудно ожидать, что эффект безызносности найдет теплый прием у всех заинтересованных сторон.

Этот эффект нужен в принципиально другой экономической системе, которую швейцарский экономист Вальтер Штахель (см. «Химию и жизнь», 2013, 12) назвал экономикой снижающихся оборотов. В ней за счет длительного повторного использования вещей, повышения их долговечности, постоянного ремонта и полной переработки того, что все-таки сломалось, предполагается сделать минимальными потоки материалов и энергии, а в идеале и вовсе замкнуть их кругооборот, отказавшись от вовлечения каких-то новых ресурсов, разве что энергии солнечного света, поступающего на планету во все возрастающем количестве. Безызносное трение явно оказывается важным элементом этой, новой, экономики, которая в настоящее время пребывает в маргинальном состоянии, но, несомненно, именно она станет главной в недалеком будущем.





Свет: дорога по кромке

Когда-то — а именно в 2004 году (см. «Химию и жизнь», № 6) — мы рассказывали об экспериментах Ю.Ю. Стойлова из ФИАНа, который вводил луч лазера в торец пленки из мыльного водного раствора и обнаружил то, что не склонные к подобной лексике физики называли «чудо». Причем называли не сами авторы, а редакция серьезного журнала «Квантовая электроника», в котором эти данные публиковались. Кстати, мы это

слово в публикации употребить постеснялись. Оказались, как гласит народная мудрость, «святее Папы Римского»...

Но это все прошлые дела, а физика — вот она: при введении сфокусированного луча красного лазера мощностью от 10 мкВт (лазерная указка) до 3 Вт в обычную мыльную пленку толщиной от 10 нм до 10 мкм, висящую в воздухе, сбоку или по касательной, через дефект на поверхности, авторы наблюдали самосжатие, самофокусировку идущего по пленке лазерного излучения. Потом луч сам по себе разветвлялся на субмикронные прожилки, которые они называли, естественно, усы. Эти субмикронные усы имели длину более десяти сантиметров, и при этом они сами собой хаотично метались по пленке. В тогдашней публикации мы рассказали о постановке эксперимента и привели соответствующие фотографии.

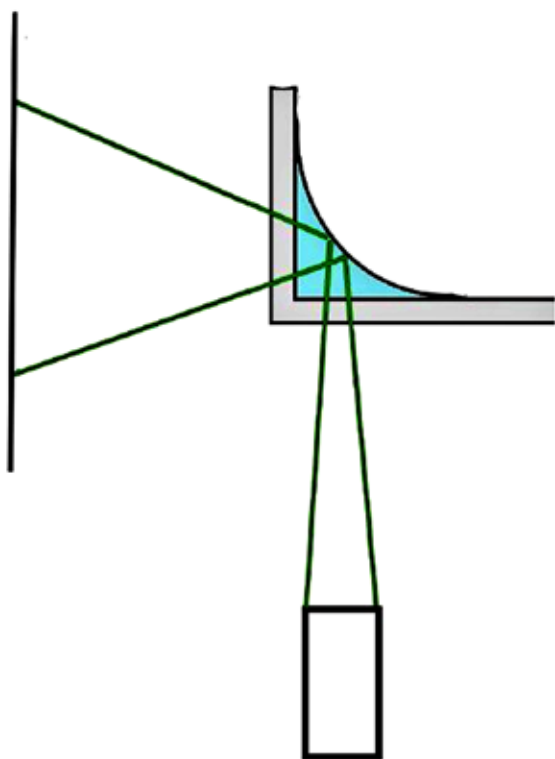
После длительных и трудоемких исследований авторы пришли к выводу: при распространении лазерного луча в среде давление света изгибает поверхность пленки, создавая оптический резонатор, вдоль луча. Этот резонатор концентрирует свет и обеспечивает его распространение с незначительным затуханием. Помните давление света, теоретически вычисленное в 1873 году Джеймсом Максвеллом и экспериментально показанное в 1899 году П.Н. Лебедевым? Так это оно самое. Но если у Лебедева давление света вращало легкое крылышко, подвешенное на тонкой нити в

вакууме, то теперь оно изогнуло стенки пленки, создавая себе оптимальные условия для распространения.

Прошло некоторое время, и авторы вернулись к любимому объекту. На сей раз один из авторов занялся не пленкой, а ее краем, точнее — местом, где сходятся три пленки, треугольным ребром, то есть местом, где встречаются три пузыря, или два пузыря и воздух, как показано на рисунке. В этом случае стенки и ребро живут так: вода мало-помалу поступает из верхних пленок в ребро, а из ребра стекает вниз — по той стенке, которая и идет вниз. Ничего не попишешь — гравитация.

Автор работы, Ю.Ю. Стойлов (ФИАН), пропустил по этому ребру лазерный луч (например, из указки), направил его на установленный сзади ребра экран и увидел, что он не просто тихо-мирно распространяется вдоль ребра, а разделяется на яркую центральную область, плотно заполненную быстро мигающими пятнами, и более темный широкий ореол из мелких искрящихся пятнышек, которые при внешне спокойном и неподвижном ребре десятки раз в секунду возникают и исчезают, меняя свою форму, яркость и положение. Центральная область — это излучение, которое доходит до выхода из ребра, многократно отражаясь от его вогнутых граней. А более темный ореол и пятнышки в нем создают лучи, которые глубоко проникают в вершины и из-за наличия сходящегося угла от них отражаются. Угол вершин постоянно меняется неравномерно поступающим в ребро потоком раствора из пленки. Вот эта неравномерность и является источником странных свойств ребра мыльных пленок.

Вид картинки и характер миганий оказались зависящими от длины волны используемого лазерного излучения, и это естественно — глубина проникновения и отражения от вершины ребра зависит от длины волны света. С красной лазерной указкой угловой размер ореола был меньше, чем с зеленой, и при этом под микроскопом на выходном торце ребра почти не видно мигающих пятен в углах. Это показывает, что излучение красного лазера из-за большей длины волны не так глубоко проникает в бурлящие от входных потоков углы ребра, как зеленого. Так что с синим лазером все должно быть еще интереснее...



ЭКСПЕРИМЕНТ

Вода поступает из пленки в ребро не тихо, плавно и ламинарно, а турбулентным течением, и стенки пленки вибрируют. По ширине размазывания ярких точек автору работы удалось оценить скорость потока — около 1 мм/с при входе в ребро, при том, что в основной части пленки скорость движения меньше. На входе в ребро есть сужение, которое ускоряет поток и делает его турбулентным, удалось даже по рассеиванию света зафиксировать это сужение. Время наблюдения миганий ограничено только временем жизни пленок, которое обычно составляет от нескольких минут до нескольких часов. Иногда мигания удается наблюдать подряд несколько суток, и это время можно увеличить, если восполнять раствор.

Можно обойтись даже без лазера. Ребро так влияет на проходящий через него свет, что если пропустить через него сфокусированный на входной торец солнечный свет, то на установленном сзади пленки экране возникает калейдоскоп из пляшущей мозаики цветных радужных пятен. Это явление могло быть открыто 3000 лет тому назад, когда уже были и мыло, и шаровые сосуды с водой для фокусировки. Трудно переоценить, какую пользу науке принесла бы эта постоянно меняющаяся мозаика из множества разноцветных пятен, демонстрирующих скрытые особенности невидимого мира, будь она открыта 30 веков назад. Насколько она помогла бы Демокриту с его атомами, Аристарху Самосскому с теорией цвета, какой устойчивый фундамент был бы у трудов Евклида по оптике. А сколько тысяч пытливых молодых умов зажглось бы желанием понять, откуда берутся мигающие цветные пятна на экране из спокойного на вид ребра. Удивительно, что в нашем, казалось бы, досконально изученном мире, тысячелетиями могло существовать загадочное явление, для открытия которого не нужны были особые условия или какая-то длинная цепочка специально накопленных знаний.

Во время экспериментов был обнаружен еще один интересный для исследования и физически менее понятный мигающий объект, который по форме напоминает ребро мыльной пленки, но существенно от него отличается. В четырехгранной прозрачной кювете с внутренним сечением 1 на 1 см, стороны которой собраны на оптическом контакте (оптический контакт формирует идеальный прямой угол), мыльный раствор, налитый тонким слоем на дно, капиллярными силами поднимается по углу, как по фитилю, на всю высоту кюветы (2 см) и образует в углу столбик жидкости, похожий на ребро. На этот объект сбоку направляется лазерный луч, и на экране мы видим яркую немигающую полосу, но выше и ниже ее много дней и недель подряд наблюдается пятнистая структура с постоянными, но не такими быстрыми, как с ребром, мерцаниями. Вопрос о механизме такой долгой подпитки этих мерцаний и угловой диаграмме направленности излучения остается открытым и требует дополнительных исследований.

Л. Намер

Физика — полтора века в школе

Л. Ашкинази

Наука не стоит на месте — двигаясь по полю Природы, она оставляет за собой нагромождения данных. С ужасом смотрит на этот пейзаж нынешнее Образование, которое должно вложить все эти барханы информации в голову существа, которое пока что с визгом носится по школе. А как образование делало это век или полтора назад, когда объем информации был меньше? Может быть, какие-то решения тех времен окажутся интересны сегодня?

Пути решения

Все объекты — и технические, и социальные — имеют память, накапливают данные. Иногда процесс нежелателен, но хоть осознан всеми специалистами — усталость металла, накопление дислокаций. Бывает, что свойство осознано не всеми, например — усталость общества от лозунгов и вранья. Есть ситуации, когда память не просто желательна — это прямая и важная функция например, в науке. Однако накопление научных данных делает более сложными операции с ними, например, поиск. Если бы продолжительность жизни человека росла так же, как и объем накопленных наукой данных, все было бы замечательно. Но это, увы, не так, и поэтому иногда шутят, что проще провести эксперимент, чем выяснить, не сделал ли его уже кто-то другой. Действительно, в научной литературе попадаются публикации, почти повторяющие то, что было сделано полвека назад; хотя, тут возможен и другой механизм — банальный плагиат. Накопление научных данных серьезно сказывается на образовании. Скорость усвоения информации человеком ограничена, и если когда-то на выходе из образовательной системы мы имели человека, который знал тогдашнее «все», то теперь он не знает и сотой доли сегодняшнего «всего». Как на это реагировать? — методы действий можно разделить на пять групп.

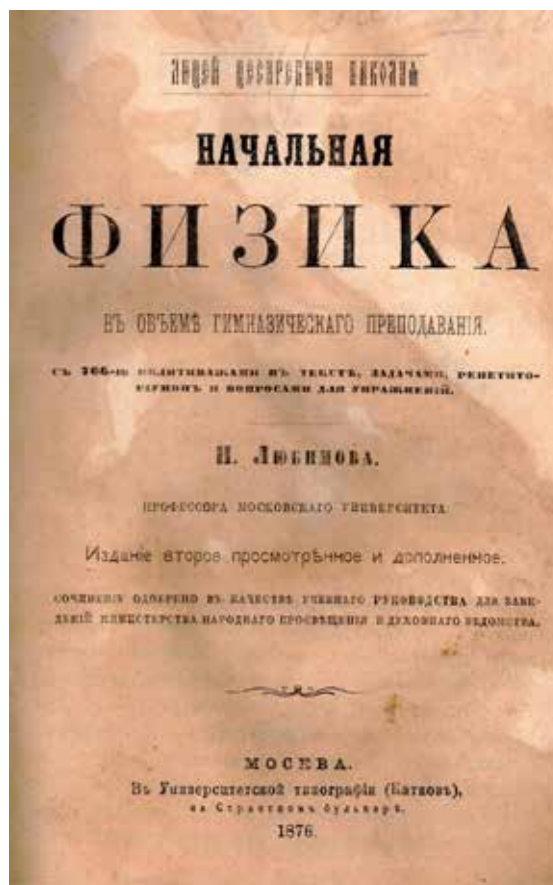
Первая, самая традиционная, «без конца» — не сообщать новых данных, учить, как век назад. В результате мы получаем человека, который способен работать самостоятельно в меньшей степени, чем ранее. Собственно, уже в середине прошлого века понимали, что человека в большинстве случаев нужно доучивать на рабочем месте — причем и школьника, и студента. А тех, кого не надо — не потому, что их так хорошо вышколили, а потому, что работа такая.

Второй традиционный путь, «меньше глубина» — уменьшить глубину изложения, особенно в зоне новой информации. Например, изложение классической механики в хорошем школьном учебнике позволяет успешному ученику решать хоть и формализованные, но иногда нетривиальные задачи. Изложение разделов физики, возникших в XX веке, даже в хорошем учебнике напоминает заклинания, набор слов; о решении содержательных задач речь не идет. Это неравноправие отчасти оправдывается различием проявления физики в жизни. С процессами, опирающимися на классические области физики, человек контактирует не только непрерывно (кирпич падает на ногу, электричество кипятит воду...), но и очевидно. А теория относительности, хоть и обязательна

для телевидения, радиолокации и GPS-навигации, но не очевидна.

Третий вариант, «растянуть время» — модные разговоры о «непрерывном образовании». Но способность к обучению с годами падает, сесть за парту взрослый человек может, если он на редкость предусмотрителен (это не про нас) или в исключительно благополучной экономической ситуации, когда есть и время, и деньги (и это не про нас). Либо до- и переучивание может происходить под угрозой потери работы, но тогда это вынужденное и срочное техническое натаскивание назвать образованием можно только в целях рекламы.

Четвертый вариант, «без начала» — в школе он не распространен, школа традиционно начинает с начала (с того, что традиционно им считается), а в системе высшего образования многие пошли по этому пути: например, на матанализе



¹ Учебник физики Н.А. Любимова (1876). Обратите внимание на полузабытое слово «политипаж» — это повторяющийся элемент оформления книги. К преподаванию физики оформление книги, в отличие от задач и вопросов, имеет лишь косвенное отношение. Тем не менее, издатели сочли нужным обратить внимание покупателей на прием оформления — вот какое наши прадеды придавали значению тому, как сделано

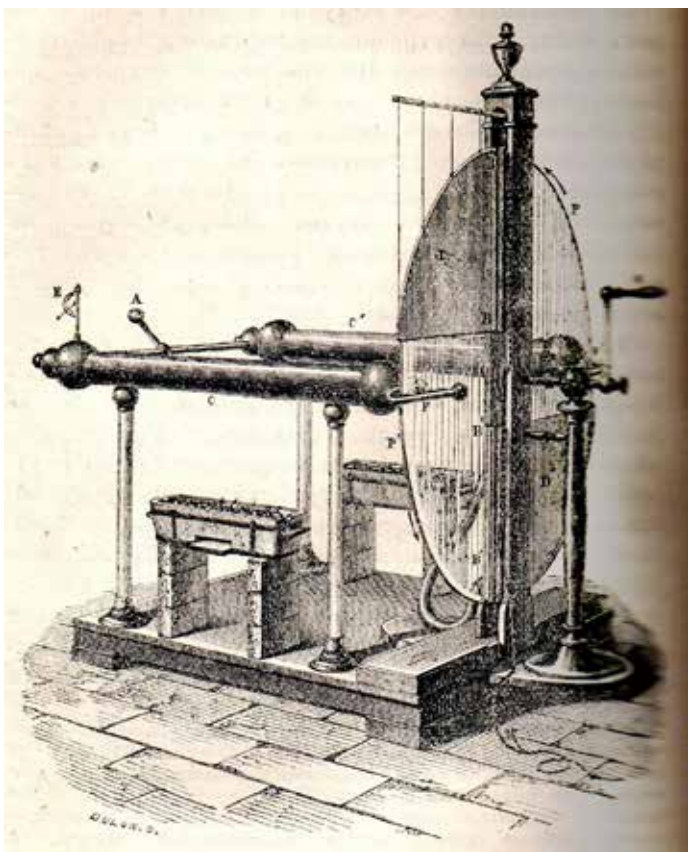


Туда и с книжками обратно

Учебники физики вековой и более давности известны, и про некоторые из них есть вполне содержательные статьи. Да и файлы некоторых из них есть в Интернете, можно изучить. Но хотелось, знаете ли, поддержать в руках. И поэтому исследование началось с высокотехнологического хищения. При очередном эксперименте с машиной времени я имел возможность, не влияя на тогдашнее будущее — то есть наше сегодня, — кое-что прихватить из нашего прошлого. А именно, учебники физики. Удержаться было невозможно. И всю обратную дорогу трясся от страха — что если «бабочка взмахнула крылом» и в новом будущем меня не предусмотрено? Или там другой «я»? Что я скажу подруге? И главному редактору? Мысль о том, что может не оказаться и их, не осмелилась даже прийти в голову...

Но все обошлось. Вывалившись из кабины на ни в одном времени не мытый пол секретного подвала (адреса нет даже в редакции), и убедившись, что возраст выхода на пенсию изменился меньше, чем мечтали россияне, а результаты спортивных соревнований и персонаж унылых анекдотов остались в том же состоянии, что и были при отбытии, я приступил к анализу добычи. В надежде, что, листая пожелтевшие страницы (в бумагу тогда не добавляли так называемые «оптические отбеливатели», в просторечии — синьку), найдется что-то полезное для нашей и вашей свободы понимания того, какими должны быть учебники. Тем более предварительное знакомство с отзывами об учебниках давно минувших дней установило, что во многом они схожи. Эти книги переиздавалась многократно, но то, что приводится ниже, относится только к изданиям, которые мне достались.

Вот главная добыча, школьный учебник физики (рис. 1) — более чем тысячестраничный учебник Н.А. Любимова (1876). Прежде всего — это, по замыслу автора, две книги, и это даже подчеркнуто (что смотрится странно) нумерацией страниц. Первый «проход» в 725 страниц и второй в 228 напоминают современную систему двух концентров 7–9 и 10–11х классов: первый проход почти без формул, второй — с ними. Впрочем, и во втором их меньше, чем в хорошем современном учебнике. А вот чего больше, так это описания экспериментов, начиная с подробностей описания экспериментов первооткрывателей, рассказа о том, что и как они делали (рис. 2), а потом — о применении физики в технике. Например, если разбирается рычаг, то тут же и блок, и ворот, а если пар, то паровая машина с ее историей, с Ньютоном, Уаттом, чертежами и внешним видом машин, и даже — кратко — биографиями авторов. Если описывается ареометр, то подробно даны три их типа, если барометр — то варианты конструкций. Автор называет это историческим подходом, и придает ему такое значение, что предваряет книгу эпиграфом из Фрэнсиса Бэкона: «Где только возможно, знание должно быть внедряемо в ум другого тем самым путем, каким оно было впервые открыто». Наверное, это не универсальный метод, и можно представить себе человека, который усвоит физику быстрее



2

Электрофорная машина. По одному этому рисунку можно проводить занятие и устраивать экзамен. Надо же рассказать о каждом элементе. И что это за маленький объект «Е» слева? И почему объекты «А» и «F» кругленькие? И важно ли, в каком направлении крутить ручку? А можно ли взад-вперед? И чем определяется каждый размер?... Кстати, в моем МИЭМе, институте, где я учился, подобные вопросы на экзаменах когда-то задавали...

теоремы дают и спрашивают без доказательств. Тем самым уничтожается (вообще-то и так скрываемая от студентов) главная цель данного предмета — развитие математического, то есть универсального, мышления. В инженерной сфере этот метод общепринят — многие ли пользователи компьютерных систем проектирования могут объяснить, почему в конкретном случае нужны именно те параметры, которые рекомендовала программа? При проектировании рутинного объекта это не страшно, но действительно новую вещь так не создашь.

Пятый вариант — «новые методы». Иногда утверждается, что новые методы, например использование «мультимедиа», то есть мелькающих перед загипнотизированным зрителем картинок, ускоряют обучение. Более изощренные промоутеры утверждают, что эти методы как раз и опираются на особенности психологии нового поколения. Правда, некоторые психологи употребляют термины «клиповое мышление» и «цифровой идиотизм». Вдобавок, нет данных о сравнительной эффективности разных методов обучения. Тем не менее, можно предположить, что есть какие-то сферы человеческой деятельности, где такие способы обучения эффективны. Например, при обучении продавцов, умеющих, непрерывно говоря в течение получаса, не сказать ничего и этим методом загипнотизировать предполагаемого покупателя.

На фоне таких страстей нам давно хотелось заглянуть в старые учебники. То, что построили люди, которые по ним учились, дожило до нашего времени и работает. Это, наверное, не слишком изощренный аргумент, но попробуйте его опровергнуть...

и эффективнее, идя по другому пути. Но для большинства учащихся скорее всего, эффективно.

Относительно большее, чем это принято сейчас, уделяет автор акустике, цветному зрению, что вполне логично — это курс, можно сказать, физики, приближенной к жизни. Подробнее, чем сейчас, рассматривает автор инфракрасное излучение — с одной стороны, подчеркивая общность со светом, а с другой — роль в теплообмене. В учебник вошла почти вся физика, известная на тот момент, правда некоторые части — в слегка упрощенном виде; что, впрочем, естественно. Заметим, что изложение опытов позволяет в какой-то мере ввести учащихся в проблематику области, либо еще не облаченной в канонический теоретический вид, либо требующей для рассказа слишком (для конкретного учебника) высокой математики. Современные авторы этим пренебрегают, и, может, зря — рассказ про Супер-Камиоканде или Большой адронный коллайдер вполне может вызвать сопереживание у школьника. Если рассказать профессионально, то есть компетентно и с чувством. Причем поведать о принципе действия этих апофеозов современной физики частично можно на базе школьной физики.

Кроме учебника Любимова, мне достался учебник Краевича (1880) (рис. 3); он во многом похож на предыдущий, имеет отличные иллюстрации и много практических приложений, даже чуть больше, чем у Любимова. Тоже три шрифта, которыми обозначена степень обязательности при изучении предмета. В этом учебнике немного меньше исторических сведений, и хотя учебник не делится явно, как предыдущий, на две книги, но все же механика «с формулами» поставлена в конец книги для более взрослых учеников.

Аппетит приходит во время еды, и в следующий заезд я рискнул сделать краткую остановку в конце 20-х годов прошлого века, собираясь еще немного пожить книжками. Однако «не всё коту масленица» — на этот раз мне достались не школьные учебники, а нечто иное. Но времена были уже такие, что я не рискнул задерживаться, — апофеоз шпиономании, так что вполне могли поставить к стенке «не по-нашему одетого», поэтому — схватил, нырнул в люк и отбыл. Добыча — пять книг: две одного автора, О.Д. Хвольсона — «Физика наших дней» (1928) и «Курс физики. Том дополнительный. Физика 1914–1925. Часть первая (1926)», третья — А.А. Петровский «Основы физики» (1923), четвертая — А.А. Эйхенвальд «Электричество» (1918). Сравнивать две первые оказалось довольно интересно и поучительно, поскольку они написаны одним человеком и по одному материалу, но различаются весьма заметно. Первая — то, что можно назвать серьезным научпопом (научно-популярный). Это обзор, но более широкий, то есть не данных самых последних лет, а вообще состояния дел в новой физике, то есть механика (кроме релятивистской формулы для массы) и электричество вообще не затрагиваются. Основной материал — строение материи, излучение. Отдельные главы — жидкий и твердый гелий, сверхпроводимость, квантовая теория.

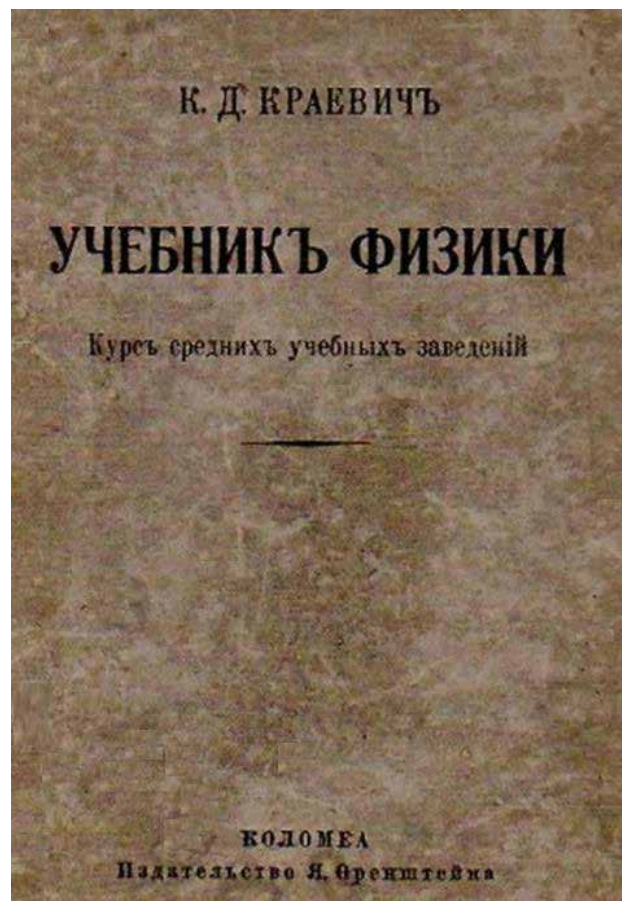
Формулы в книге есть, но их немного, и только элементарные. Сложность внутри каждого раздела нарастает не как в некоторых современных поделках — скачком от детского трепка к красивым и непонятным словам, а плавно, как и положено в хорошем учебнике. Может быть, так и надо, может быть, хороший научпоп должен быть отчасти учебником? Если мы хотим, чтобы он чему-то учил, а не только обеспечивал товарно-денежный обмен? Существенная черта этой книги — неторопливое повествование, автор не стесняется рассказывать о разных теориях, в том числе сомнительных или не подтвердившихся, и, разумеется, оценивает их. Далее, в книге уделяется заметное внимание химии — периодическому закону, его открытию и обоснованию. Это лучше, чем новомодная современная «межпредметность», особенно, если в учебник химии аккуратно и осторожно ввести немного

физики (теплообмен, диффузия и т. д.), без которой реальной химии вообще не существует. Разве что в межзвездных облаках, и то там есть поверхностная диффузия.

Вторая книга О.Д. Хвольсона — это обзор вузовского уровня, набитый под завязку цифрами, фактами и ссылками, обзор новейших научных данных, полученных в мире за последние годы. Учебником в обычном смысле он не является, так как материал не структурирован, как это делается в учебниках. Сам автор рассматривал его как дополнение к ранее изданному пятитомному курсу физики, который был переведен на несколько языков, а для российских университетов многие годы был базовым. Сейчас функцию обзоров состояния физики в какой-то мере взяли на себя обзоры в ведущих журналах. Но они посвящены более узкому сегменту — наверное, это естественно, хотя и такие «более общие» книги приносят пользу. Правда, их вполне мог бы заменить указатель таких обзоров, размещенный в интернете.

Две другие, прихваченные мной из славного прошлого, книги — «Основы физики» А.А. Петровского и «Электричество» А.А. Эйхенвальда. Это университетские курсы, несколько более простые, чем курс Хвольсона, больше непосредственно опирающийся на школьный курс или даже отчасти его заменяющий. Тот же неторопливый стиль с разжевыванием деталей, те же замечательные иллюстрации.

А вот пятая, оказалась как раз школьный учебник — А.В. Цингер «Начальная физика» (1927), который больше похож на современный учебник. Таким образом, у нас есть три школьных учебника и можно сравнить содержание и форму



3

Учебник физики К.Д. Краевича (1880), тот самый, который мы знаем благодаря Ильфу и Петрову. Помните разговор Остапа Бендера и Васисуля Лоханкина? «... Из какого класса гимназии вас вытурили за неуспежность? Из шестого? — Из пятого, — ответил Лоханкин. — Золотой класс. Значит, до физики Краевича вы не дошли?»

какого-нибудь раздела. Но как выбрать раздел для сравнения, чтобы отделить различия позиции автора от общего движения общества и науки? Заметим, что это одна из ключевых проблем не только социологии (что автору статьи ближе), но и проблема – страшно сказать – вообще понимания истории и людей!

Полтора века назад некоторых областей физики не было и в помине, какие-то были «передним краем» и «не школьным материалом», а кое-какие области техники занимали совершенно иное место в быту. Это и влияло на учебник, поэтому, если мы хотим более детально рассмотреть какой-то раздел, надо взять такой, который был уже тогда хорошо развит и занимал в жизни примерно такое же место, как и сейчас. Попробуем сравнить то, что в современных курсах обычно стоит между механикой и электричеством, скажем так – «тепло». Прежде всего, этот материал в разных учебниках по-разному сочетается с остальным материалом. Например, у Любимова он составляет часть раздела «свет и тепло», у Цингера (1927) и Краевича (1880) это отдельный раздел; возьмем, хотя бы, Краевича.

Оглавление раздела показано на рис. 4, и уже из названия заголовков понятен общий подход, не свойственный нашему времени и состоящий, обобщенно говоря, из трех принципов — детали, эксперимент, применения. Нырнем в текст и приведем по три примера следования приведенным трем принципам.

Детали:

- изменение объема при нагреве — включая ситуации не-обратимого изменения;
- тела излучают тепло при любых температурах, поэтому рука, поднесенная к холодному, ощущает холод;
- изменение объема при плавлении — не только вода, упомянут висмут, сурьма, чугун.

Теплорода. Нагревание жидкостей и газов. Понятие о лучистом теплороде. Теплопроводность. Количество теплоты. Единица теплоты. Определение средней температуры при сжатии однородных веществ. Теплоемкость. Калориметр Фавра и Зильбермана. Калориметр Лавуазье и Лапласа. Способ сжатия. Законы теплоемкости твердых тел, жидкостей и газов. Закон теплоемкости атомов
Плавление и отверждение. Кипение и охлаждение. Испарение. Скрытый теплорода при плавлении. Охлаждение сжижения. Скрытый теплорода при кипении и испарении. Дистилляция. Сферическое состояние
Способ Гюи и Рамзеса для определения коэффициента линейного расширения твердых тел. Определение кубического расширения единицы твердых оболочек. Абсолютный коэффициент расширения ртути. Относительное расширение жидкостей. Наибольшая плотность воды. Расширение газов. Тонение льда и кипения. Связь сжатия с расширением при нагревании. Нормальный термометр. Приготовление ртутных термометров. Термометр Брегета. Пирометры
Угнетение паров при кипении. Пары в пустоте. Пары в состоянии насыщения. Способы определения угнетения паров. Охлаждение газов. Наибольший искусственный холод. Испарение жидкостей в вакууме. Плотность паров. О влажности. Гигрометры: Даниеля и Ренью. Гигрометр Соссюра
Котель. Паровая машина. Угнетение. Устройство парового котла. Понятие о индикаторе высокого и низкого давления. Машина без поршней. Паровоз. Локомотив. Воздушная и паровая машины
Источники тепла и холода. Теплота небесных тел. Трение. Сжатие. Удар. Химические явления. Органическая жизнь.

4

Оглавление раздела «Тепло» в учебнике Краевича. Виден общий подход, который прослеживается по всей книге и который свойственен и учебнику Любимова. По каждому поводу приводится много данных об экспериментах, о свойствах веществ, часто — о методике измерений и уж обязательно — о практических применениях. Знаменитый учебник Ландсберга, доживший почти до нашего времени, отчасти унаследовал этот стиль



ОБРАЗОВАНИЕ

Эксперимент:

- экспериментальное измерение теплопроводности, погрешности термометрии;
- измерение перепада температур в жидкости, нагреваемой сверху (для исключения конвекции);
- калориметр Фавра и Зильбермана, калориметр Лавуазье и Лапласа, сравнение, анализ погрешностей.

Применения:

- лампа Деви;
- технологические применения, например, зависимости прочности от температуры;
- охлаждающие смеси;

И это при не слишком внимательном чтении на всего лишь 1/25 объема книги! Если бегло пролистать дальше, то жадный глаз отметит правило Дюлонга и Пти, эффект Лейденфроста (автор даже упоминает Бутины, который исследовал эффект), тепловыделение при трении, при сорбции, расширении и сжатии газов, при ударе, при химических процессах, устройство печи и топки, парового котла, паровой машины, парохода, локомотива... Автор повествует неторопливо, и позволяет себе (в школьном учебнике!) фразы типа «не имеем прямого доказательства, однако только этим можно объяснить некоторые явления». В отличие от современного хорошего учебника, очевидно – нет молекулярно-кинетической теории, нет универсального газового закона, нет понятия идеального газа. Соответственно, нет «определения» температуры (через среднюю энергию молекул), которое приведено в современном школьном учебнике, но зато есть семь страниц подробного рассказа о разных типах термометров — кстати, не лучший ли это кусок институтского курса метрологии? Последующие определения — теплоемкости, удельной теплоемкости, теплоты фазового перехода — выглядят, как нынешние. Упрощая, можно сказать так – в современном учебнике вроде бы больше теоретической физики и намного меньше техники, больше теории и радикально меньше практики. И после этого мы удивляемся, что школьники считают предмет «физику» годным только для сдачи экзаменов? И удивляются, когда оказывается, что физика вокруг нас на каждом шагу и что она применима, даже если стоять на месте?

А потом некоторые из них поступают в один из самых престижных вузов Москвы, с немеряными ЕГЭ баллами на входе, им начинают преподавать физику и на «тестах», которые там безумно любят, дают задачки вроде показанной на рис. 5. И они решают! А не умирают от смеха, как это сделает — увы — любой худо-бедно нормальный человек...

Учебник Цингера на треть ближе к нам по времени и заметно ближе к современному учебнику по форме. Количество материала в разделе, посвященном теплу, в нем лишь немногим меньше, чем у Краевича. Однако стиль изложения существенно суше, и радикально меньше вопросов измерения и точности, а также техники и приложений. За счет



этого объем на 40% меньше. Учебник Любимова — почти ровесник Краевича — до крайности на него похож и формой, и содержанием, он лишь немного серьезнее. В разделе, посвященном теплу, мы видим кусочек из метеорологии, то есть физики атмосферы. Кроме того, Любимов чуть современнее Краевича — он не употребляет слово «теплород»; зато, повествуя о передаче тепла излучением, употребляет понятие «эфир». Как пример изложения — на рис. 6 показан параграф по теории «постоянного тока».

В заключение хочется спросить — и еще больше узнать — лучше эти книжки современных или нет, а если чем-то лучше, то чем, можно ли это использовать и как. К сожалению, педагогика, как наука, имеет нечто общее с космологией — в ней не практикуется прямой и непосредственный эксперимент. Тот, который в большинстве случаев критерий, сами знаете, чего. Было бы здорово взять класс, учить его физике по учебникам разных периодов, и лет через десять-двадцать посмотреть на жизненный путь учеников. Наверное, тогда мы смогли бы оценить эффективность. По крайней мере, если сегодня начать такой эксперимент, то можем надеяться увидеть результат. Конечно, класс — это слишком маленький массив, нужно иметь хотя бы пять-шесть десятков классов в разных регионах, и еще некоторые параметры имеют значение... ну, в общем, я готов подготовить программу исследований. Для начала нужны две вещи — одобрение министерства просвещения в виде соответствующих писем всем региональным начальникам, включая директоров школ и деньги на банковском счете исследовательской группы.

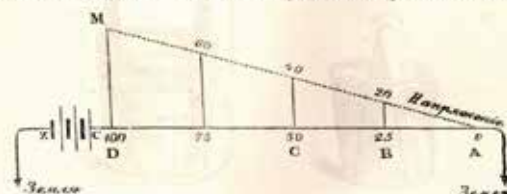
А пока можно попытаться — как, кстати, делают и космологи, — построить модель в голове (они — и в компьютере) и, опираясь на жизненный и профессиональный опыт, изречь. Так вот, мне кажется, что подавляющему большинству сегодняшних учеников был бы полезен учебник физики полуторавековой давности. Понятный, конкретный, опирающийся на богатый жизненный опыт и приносящий немалую пользу им самим, в сегодняшней действительности. Набор слов, от-

§ 435. Распределение потенциалов в гальванической цепи. Представим себе батарею во сто, напрячь, элементов. Пусть полюс ее соединим с землею. Потенциал его равен нулю. Пусть потенциал другого полюса с есть сто. Если присоединим к полюсу (фиг. 683) С изолированный проводник, напрячь, проволоку во сто километровую длиною, то проводник этот на всем протяжении приобретет одинаковый потенциал равный потенциалу полюса С. Но соединим конец А проволоки также с землею. Через это цепь делается замкнутою, и произойдет гальванический ток, ибо электричество от полюсов Z и С будут постоянно уходить к земле. Потенциал не остается постоянным на протяжении прово-



Фиг. 683.

ки СА, но постепенно уменьшается от полюса С, где он равняется 100, до места соединения А с землею, где он равняется нулю. На фиг. 684 величина напряжения в разных точках



Фиг. 684.

проволоки означены вертикальными линиями, вершины которых лежат на общей прямой МА. Другими словами, в проволоке AD напряжение возрастает прямо пропорционально расстоянию от конца А где оно равно нулю.

В рассмотренном случае вся цепь представляет электрическое напряжение одного знака, именно положительное. Укажем случай когда в цепи наблюдается как положительное, так и отрицательное напряжение. Таков случай когда ни тот, ни другой полюс не соединены с землею, а сообщаются



Фиг. 685.

между собою помощью проводника, который представим себе состоящим из двух одинаковых проволок равной длины как на фиг. 685 (предш. стр.). Вся цепь представляем себе изолированную, а батарею состоящую из 200 элементов. Тогда напряжение на полюс С будет + 100, на полюс Z — 100. В проволоках, в верхней, — положительное напряжение уменьшается от 100 до нуля при точке А; в нижней, — отрицательное уменьшающееся подобным же образом. При точке А и при точке В (в средине батареи) напряжения равны нулю. Эти точки можно сообщить с землею, не изменив распределения электричества в цепи.

6

Изложение понятий потенциала и электрической цепи, начало раздела «постоянный ток». Когда рассказ ведется так основательно, то ученик лучше усваивает материал.

носящийся к физике нового времени, здесь не потребуются, и нечего их гипнотизировать. Лучше четко и ясно указывать, где граница понимания и почему она там, где она есть, чему и как надо учиться дальше, если вы именно этого хотите, и для чего это может потребоваться.

Когда человек знает, зачем он учится, ему учиться легко и просто. Как и все, что делает человек — когда знает, зачем.

3. По проводу с сопротивлением $R=10\text{ Ом}$ течёт ток $I=0,02\text{ мА}$. Найти напряжение на проводе. Ответ указать в гига伏тах.

Дано: $R=10\text{ Ом}$, $I=0,02\text{ мА}$

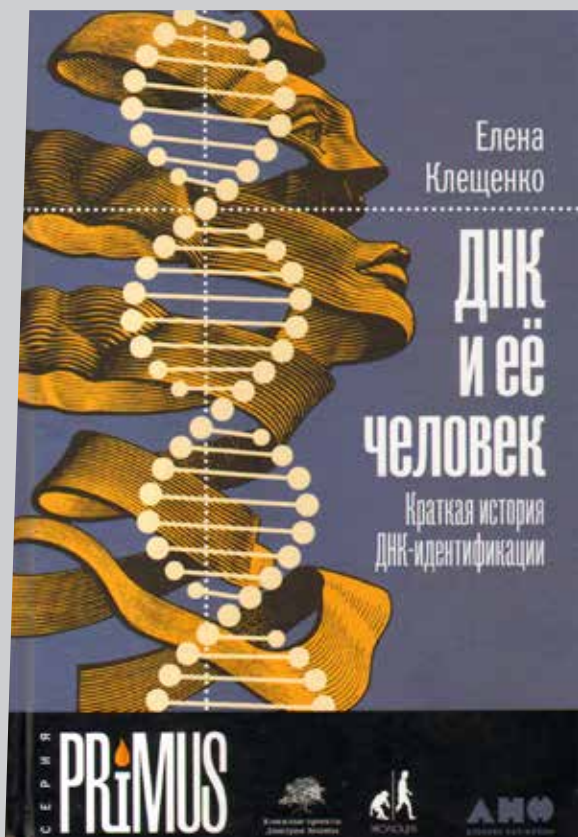
Решение: $U=RI \Rightarrow U=10 \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot 10^{-4}\text{ В}$

$U=?$ $\Rightarrow$ Ответ: $U=0,2\text{ мВ}$

5

Реальный материал с «теста» для студентов первого курса, изучающих физику. Задача решена верно, стоит плюс. А какую отметку по физике и педагогике надо ставить за такую задачу преподавателю и педагогической вертикали? Кстати, посмотрите внимательнее... решение и ответ, кажется, подсмотрены у соседа (условие переписано с ошибкой (10^{-5} вместо $2 \cdot 10^{-5}$), решено с этим неверным условием, а потом ответ внезапно исправлен. А преподаватель, похоже, не заметил...





В книге члена редколлегии журнала «Химия и жизнь» и автора множества научно-популярных статей Елены Клещенко рассказывается об идентификации человека по его генетическому материалу, то есть по ДНК. Постоянные читатели «Химии и жизни» встретят в этой книге знакомые истории и знакомые лица. Некоторые главы ее выросли из статей, написанных для журнала, часто по горячим следам событий. Но, разумеется, они были переработаны и заняли свои места в общей картине, ведь у каждой истории в мире есть предыстория и продолжение. Невозможно объяснить, как сэр Алек Джеффрис придумал ДНК-дактилоскопию, а Кэри Муллис — полимеразную цепную реакцию, без рассказа о строении ДНК, о методах ее «чтения», об устройстве генов и разнообразии геномов. А без Джеффриса и Муллиса не было бы и ДНК-анализа в криминалистике.

Значительную часть книги составляют детективные истории, от попытки разгадать тайну Джека-потрошителя до современных уголовных дел, раскрытых благодаря ДНК-анализу. Есть в ней и увлекательные исторические расследования: кем был Рюрик — славянином или скандинавом, много ли потомков оставил Чингисхан, приходился ли герцог Монмут сыном королю Англии. И конечно, исследование останков Николая II и его семьи: почему специалисты уверены в точности идентификации и по каким причинам сомневаются неспециалисты. А из заключительных глав читатель узнает, почему нельзя изобрести биологическое оружие против определенной этнической группы, можно ли реконструировать внешность по ДНК и опасно ли выкладывать свой геном в Интернет.

**Книгу можно купить в наше киоске www.hij.ru.
Цена – 600 рублей с доставкой по РФ**



Мы все едоки, и если хоть отчасти верно, что человек — это то, что он ест, эта книга про нас. А о себе всякому читать интересно.

Оснoвoй книги постоянного автора журнала «Химия и жизнь» Натальи Резник «Что мы едим? Непростые ответы на простые вопросы» послужили статьи, опубликованные в разные годы на страницах журнала, переработанные и дополненные последними научными данными. В итоге получились 39 рассказов с замечательными иллюстрациями Натальи Колпаковой.

Все рассказы посвящены известным продуктам, правда, многие из них популярны за пределами нашего Отечества: в лесах Амазонки, полупустынных нагорьях Китая или на берегах африканских озер. Однако в ближайшем будущем они могут приобрести планетарное значение. Продовольственный кризис и глобализация уже делают свое дело, и некоторые экзотические для нас культуры постепенно проникают на прилавки российских магазинов. К этому нашествию нужно подготовиться. Современному человеку следует знать, как правильно есть акрид, что заменит россиянам сою, каковы на вкус «бедрa нимфы Авроры» и в каких краях эти нимфы водятся, и не путать батат с картофелем.

**Купить книгу можно в нашем киоске www.hij.ru.
Цена – 425 рублей с доставкой по РФ.**

Результаты: физика



С этого номера мы открываем рубрику «Результаты», в которой будем публиковать краткие обзоры новых результатов в естественных науках – физике, химии-биологии и иже с ними, также в науках о Земле, чередуя эти три темы. Что касается физики, то мы намерены ориентироваться на сообщения о новых научных результатах из журнала «Успехи физических наук» (УФН, www.ufn.ru), где эту рубрику ведет Ю.Н. Ерошенко. Мы будем, конечно, отбирать, адаптировать и пояснять материал. Эта подборка космологическая.

Тень черной дыры в галактике M87

Свет не может выйти из черной дыры, поэтому на светлом фоне черная дыра должна выглядеть как темное пятно, визуальное воспринимаемое, как тень на этом более светлом фоне. Для проверки предсказания Общей теории относительности нужен телескоп с угловым разрешением, которое не может быть достигнуто на обычных телескопах. Однако эту задачу можно решить, если использовать несколько телескопов, находящихся на больших расстояниях друг от друга, при условии, что получаемые ими сигналы обрабатываются совместно. Для попытки обнаружения черной дыры в центре галактики M87 были использованы восемь расположенных на разных континентах радиотелескопов, работающих на длине волны 1,3 мм и образующих так называемый «Телескоп горизонта событий». Синхронные наблюдения на всех телескопах позволили достичь рекордного углового разрешения — 20 угловых мкс. При таком угловом разрешении из Санкт-Петербурга видна спичечная головка на Камчатке. Кстати, у «Радиоастрона», одна из антенн которого находится в космосе, разрешение примерно в 30 раз лучше, но большая длина волны не позволяет увидеть происходящее вблизи черной дыры: пространство вокруг нее заполнено электронами больших энергий, поглощающих радиоволны. С помощью «Радиоастрона» провели исследование ядра M 87 и ровно это и увидели: непрозрачную фотосферу, скрывающую черную дыру и внутренние части аккреционного

*Фото галактики M87, космическая рентгеновская обсерватория Чандра, 2017.
Виден джет, его длина около 1000 световых лет*

диска. Зато на длине волны около миллиметра поглощение уменьшается на несколько порядков, и астрофизики увидели в центре галактики M87 яркое кольцо вокруг темного пятна. Кольцо образовано излучением аккреционного диска, испытывавшим гравитационное линзирование, — то есть это свет, возникший сзади черной дыры, и, из-за ее притяжения не улетевший вдаль, а вынужденный обогнуть ее. Размер такого кольца зависит от массы, находящейся в центре, и тот размер, который наблюдается, соответствует массе $6,5 \pm 0,7$ миллиард масс Солнца. Альтернативные модели без черной дыры не могут объяснить наблюдаемую картину — черное пятно со светящимся ореолом. Таким образом, получено еще одно свидетельство существования во Вселенной черных дыр, наряду с недавней регистрацией гравитационных волн от столкновений двух таких объектов. Ожидается, что вскоре удастся получить аналогичное изображение черной дыры в центре нашей Галактики (УФН 2019, т. 189, с. 518)

Черная дыра промежуточной массы в Галактике

Такекава Сюня (Национальная астрономическая обсерватория Японии) и соавторы в 2018 году обнаружили свидетельства существования вблизи центра нашей Галактики черной дыры промежуточной массы — между массами этих объектов звездного происхождения и массами сверхмассивных черных дыр. Черные дыры средней массы являются слишком массивными, чтобы они могли сформироваться путем гравитационного коллапса одиночной звезды, как черные дыры звездной массы. Но и в их окружении отсутствуют экстремальные условия (высокая плотность и скорости движения), наблюдаемые в центрах галактик, которые приводят к формированию сверхмассивных черных дыр. С помощью комплекса радиотелескопов ALMA астрофизики наблюдали молекулярные спектральные линии в облаке газа, содержащего молекулярный водород. Наблюдения показали, что облако состоит из объемной структуры и узкого потока быстро вращающегося вокруг центра, в котором заключена масса в 30 тысяч масс Солнца — примерно в сто раз меньшая, чем масса центральной черной дыры в нашей Галактике. Компактность этого массивного объекта и отсутствие видимых звезд в нем означает, что это, скорее всего, черная дыра. Она, возможно, образовалась в центре шарового звездного скопления, которое было разрушено приливными силами вблизи центра Галактики. Затем черная дыра захватила пролетавшее мимо нее облако, и была окутана им. Массивный объект внутри облака — уже третий кандидат в черные дыры промежуточной массы вблизи центра Галактики. Хорошо, что мы живем не вблизи центра. (УФН, 2019, т. 189, с. 224)

Моделирование астрофизических джетов в лаборатории

Плазменные процессы в космических телах зачастую столь сложны, что пока не поддаются теоретическому описанию. Например, нет исчерпывающей магнитогидродинамической теории формирования и распространения плазменных струй (джетов) в ядрах активных галактик и в молодых звездах. Прояснить эти явления могут лабораторные эксперименты, выполняемые на плазменных установках. Такого рода исследования ведутся на установке «Плазменный фокус» в Курчатовском

институте (Москва, Россия), в них принимают участие ученые из ФИАна и МФТИ. В Курчатовском институте получили узкие струи плазмы — толщиной всего в несколько сантиметров, которые распространялись на расстояния до 100 см, а скорость плазмы в струе при этом превышала 100 км/с. Исследователи измерили параметры плазмы и распределение магнитных полей в струях. Возможно, эти данные помогут прояснить механизмы стабилизации струй, а результаты экспериментов можно будет масштабировать и на астрофизические объекты. Джет из галактики M87 виден на фотографии, сделанной телескопом Чандра; правда, его длина побольше, но физические механизмы схожи. (УФН 2018, т. 188, с. 1080)

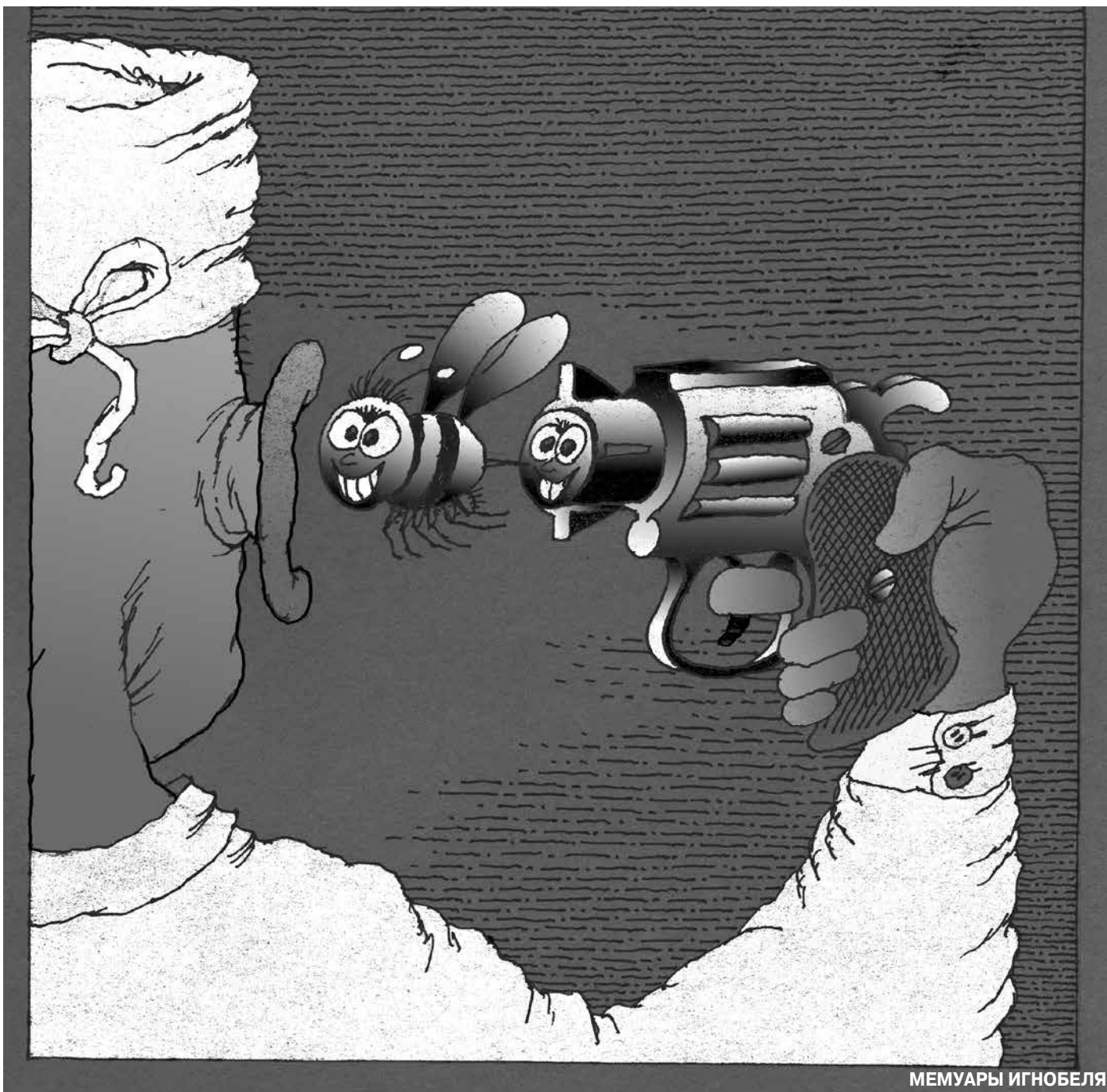
Формирующееся скопление галактик в ранней Вселенной

У наблюдаемых скоплений галактик были предшественники — протоскопления, или области с повышенной концентрацией галактик, не пришедшие в гравитационное равновесие. Свойства протоскоплений представляют интерес, в частности, для некоторых моделей процессов во Вселенной. И вот, Цзян Линьхуа (Пекинский университет, КНР) с соавторами занялись поисками протоскоплений, образовавшихся на ранних стадиях существования Вселенной. Кандидатов на роль объекта исследования отбирали из обзора галактик Subaru/XMM-Newton. Затем их изучали спектрографом, который был установлен на 6,5-метровых Магеллановых телескопах в Чили. Таким путем была исследована область на небесной сфере размером в 4 квадратных градуса (это примерно 0,0001 небесной сферы) и обнаружено гигантское протоскопление галактик, которое имеет массу $3,6 \cdot 10^{15}$ солнечных масс или в 2 тысячи раз больше массы нашей Галактики. Теперь осталось повторить это примерно 10 тысяч раз, и мы будем знать о протоскоплениях всё. (УФН, 2018, т. 188, с. 1346)

Гелий в атмосфере экзопланеты

Экзопланеты — это планеты, обращающиеся вокруг звезд за пределами Солнечной системы. Интерес людей к этим планетам понятен... У многих экзопланет есть атмосферы, и хорошо бы узнать, из чего они состоят, потому что состав атмосферы кое о чем говорит. Так вот, Джессика Спейк с соавторами в 2018 году с помощью телескопа Хаббл зарегистрировали молекулы гелия в атмосфере планеты, обращающейся вокруг далекой звезды за пределами Солнечной системы. Гелий нашли по поглощению в ближней инфракрасной области спектра, когда планета проходила через диск звезды. Экзопланета WASP-107b находится на удалении 200 световых лет от Земли. По размеру она близка к Юпитеру, хотя значительно легче — всего 12% его массы. Наличие линий поглощения гелия говорит о том, что у планеты весьма протяженная атмосфера и что она быстро теряет массу, которая рассеивается в окружающем пространстве, причем рассеянный газ должен образовывать за планетой шлейф, напоминающий кометный хвост. Причина почти понятна — размер большой, масса маленькая, значит, гравитация тоже не слишком велика, а у гелия масса молекул небольшая, стало быть, скорость хорошая, ну вот они и преодолели. (УФН, 2018, т. 188, с. 574)

Материал подготовил **Л.Намер**



Художник С. Тонин

МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

Без страха и упрёка

Доктор химических наук
Г.В. Эрлих

Ученые ищут ответы на вопросы, потому что ими движет любопытство. Но одного любопытства мало. Нужны еще упорство в достижении цели, бесстрашие и готовность положить свою жизнь на алтарь науки. Настоящие ученые — люди немного сумасшедшие, в хорошем смысле этого слова, а иногда и в прямом. Никакой нормальный человек, находясь в здравом уме и твердой памяти, не пойдет на тот риск, которому подвергают свою жизнь, здоровье и репутацию настоящие ученые в поиске истины.

Особенно отличаются в этом врачи и прочие биологи. Как строго описать симптомы и ощущения при возникновении и развитии болезни? Как определить источник и возбудителя заболевания? Можно, конечно, набирать статистику наблюдений за пациентами, а можно поставить прямой эксперимент на себе, действуя по принципу: лучше один раз испытать, чем сто раз увидеть и услышать.

Множество врачей сознательно заражали себя возвратным тифом, описывая течение болезни. Среди них были и наши

соотечественники — Григорий Николаевич Минх (1836–1896) и Илья Ильич Мечников (1845–1916), будущий лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине. В 1892 году Макс Йозеф фон Петтенкофер (1818–1901), президент Баварской академии наук, выпил культуру холерных вибрионов. Семидесятилетний ученый хотел доказать Роберту Коху, открывшему холерный вибрион, что это не главная причина возникновения холеры. Не доказал. Кстати, И.И. Мечников повторил и этот эксперимент. Шотландский хирург Джон Хантер (1728–1793) привил себе гонорею. Он стремился доказать, что гонорея и сифилис имеют одного возбудителя. Можно представить, как он радовался, обнаружив у себя симптомы сифилиса, — его теория оказалась правильной! Не оказалась, сифилис был нераспознанным бонусом, полученным Хантером от донора. Итальянский зоолог, энтомолог и паразитолог Джованни Баттиста Грасси (1854–1925) проглотил яйца глистов, чтобы изучить их развитие в своем организме. Английский невролог сэр Генри Хэд (1861–1940) перерезал лучевой и наружный нервы на собственной руке, чтобы затем в течение пяти лет наблюдать, как руке постепенно возвращается чувствительность. И так далее и тому подобное. Также многочисленны примеры испытания врачами на себе действия различных ядов и изобретенных ими лекарств, которые суть те же яды, но в меньшем количестве.

Все эти драматические истории хорошо известны, именно благодаря своему драматизму. Но есть и безымянные герои, бойцы невидимого фронта — химики. Химики-синтетики получают новые вещества с неизвестными свойствами, они могут оказаться, а также и сильно ядовитыми (слабо ядовиты все). Проблема тут в том, что мы пока не научились предсказывать свойства веществ, не имеющих близких аналогов. Объяснить экспериментально установленный факт — да любой! легко! А вот предсказать — от случая к случаю, несмотря на квантовую механику, компьютерную мощь и анализ Big Data. И дело тут не в сложности соединений, а в сложности Природы. Фосген и иприт, знаменитые отравляющие вещества, — очень простые соединения. Что уж говорить о синильной кислоте, молекула которой состоит всего из трех атомов — водорода, углерода и азота. Проще нее только оксид углерода, угарный газ, и вот поди ж ты!

Особенно доставалось химикам в былые времена, когда отсутствовали инспекторы по технике безопасности, а также разнообразная аппаратура, эту безопасность обеспечивающая, — вытяжные шкафы, герметичные боксы, противогазы и так далее. Более того, до середины XIX века химики просто обязаны были пробовать на вкус и нюхать все полученные ими вещества (в последующие годы многие химики продолжали делать это в порядке личной инициативы). Вот, в конце XVIII века жил да был один из величайших в истории химик Карл Вильгельм Шееле (1742–1786), а потом он открыл синильную кислоту... В опровержение легенды умер он не сразу, а через три года, но из-за последствий отравления эти годы практически не работал. Нельзя без содрогания читать спор Луи Николя Воклена (1763–1829) и Мартина Генриха Клапрота (1743–1817) о вкусе солей бериллия, насколько он сладкий. Бериллий — редкая гадость, он может годами незаметно накапливаться в организме, чтобы потом «выстрелить», вызвав тяжелое поражение легких и вообще всего организма. Этот рассказ можно продолжать до бесконечности, любой химик знает об опасности работы с новыми веществами и осознанно идет на этот риск, выступая первоиспытателем их токсичности.

Вы, конечно, обратили внимание на то, что приведенные выше примеры относятся к временам ветхозаветным. И это не случайность, а печальная закономерность. По мере того как немногочисленные исследователи-энтузиасты превращались в многомиллионную армию профессиональных научных работников, исчезали романтизм и самоотверженность, уступая место прагматизму и компьютерному моделированию.



Зачем, действительно, исследователю испытывать на себе разработанное им лекарственное средство? Он бывало сто раз подумает, прежде чем вколоть его мышке, а ну как мышка будет от этого страдать, а с ней и все защитники животных. Куда как лучше провести тестирование *in silico*, на компьютере, быстро и дешево.

Однако не перевелись еще настоящие ученые, готовые поставить эксперимент на себе, чтобы послужить на благо человечеству и даже — берите шире! — братьям нашим меньшим. Об одном таком исследовании мы расскажем чуть подробнее.

Наш герой — доктор Роберт Лопес, ветеринар из Уэстпорта, штат Нью-Йорк, скончавшийся, к сожалению, в 2007 году в возрасте 84 лет. Он был не понаслышке знаком с мучениями, которые причиняют кошкам и собакам ушные клещи. (Да и мы все, у кого были или есть эти домашние питомцы, прекрасно об этом знаем.) Одна из основных проблем медицины состоит в том, что пациент не может четко объяснить свои симптомы и ощущения. Что уж говорить о кошках с собаками и других животных. Это подвигло доктора Лопеса, ветерана Корейской войны, награжденного Бронзовой звездой за героизм на поле битвы, на самовредительский эксперимент — он взял 1 грамм выделений из уха кошки, зараженной *Otodectes cynotis*, попросту говоря, клещом, и перенес в свое ухо: одно, второе, вероятно, он оставил для контроля.

Вот как доктор Лопес описал свои ощущения: «Немедленно я услышал скрежет от царапанья, а затем шелест от движения клещей, которые обследовали мой ушной канал. Потом появился зуд, и все это слилось в дикую какофонию звуков и боли, которая нарастала все сильнее и сильнее». По части звуков доктор Лопес немного слухавил, ему, отцу шестерых мальчиков и семерых девочек, любые звуки что слону дробина, но описано красочно и точно. Все это продолжалось около месяца, после чего прекратилось само собой — доктор Лопес смиренно терпел эту пытку и не предпринимал никаких мер лечения. Но как-то ночью он почувствовал их исход, когда клещи дружной колонной прошествовали по его щеке.

Вы думаете, доктор Лопес на этом остановился? Как бы не так! Он был настоящим ученым и по прошествии нескольких недель воспроизвел эксперимент, используя в качестве источника клещей другую кошку. Болезнь протекала мягче и закончилась через две недели. Доктор Лопес предположил, что это следствие развившегося у него иммунитета, и для проверки своей смелой гипотезы в третий раз повторил эксперимент, который прошел еще мягче!

Тем самым он нашел объяснение известному факту, что от клещей страдают в основном молодые животные. Все дело в иммунитете! Более того, доктор Лопес установил режим дня клещей. Оказалось, что у них есть два периода питания, сопровождающегося большой двигательной активностью, один — вечером, между шестью и девятью часами, второй — между полуночью и тремя часами ночи. Так что питомцы, чешущиеся особенно сильно по ночам, делают это не из вредности, а по объективным причинам. Основываясь на своем исследовании, доктор Лопес рекомендовал прово-

Индекс боли при укусе пчел

(Для обозначения мест укуса использована общечеловеческая, а не медицинская терминология)

Часть тела	Индекс боли	Погрешность
Череп	2,3	0,6
Средний палец на ноге, кончик	2,3	0,6
Плечо, внешняя сторона	2,3	0,6
Ягодица	3,7	0,6
Голень, икра	3,7	0,6
Поясница	4,0	1,7
Бедро, внешняя сторона	4,7	1,2
Запястье, внутренняя сторона	4,7	0,6
Ступня	5,0	1,7
Предплечье, внешняя сторона	5,0	-
Подколенная ямка	5,0	1,0
Шея, сзади	5,3	1,2
За ухом	5,3	1,2
Кисть, тыльная часть	5,3	1,2
Стопа, подъем	6,0	1,0
Живот	6,7	0,6
Средний палец на руке, кончик	6,7	0,6
Грудной сосок	6,7	0,6
Подмышка	7,0	0,0
Щека	7,0	0,0
Кисть, внутренняя сторона	7,0	0,0
Мошонка	7,0	0,0
Пенис, тело	7,3	0,6
Губа, верхняя	8,7	0,6
Ноздря	9,0	0,0

дить лечебные процедуры против клещей ближе к ночи. Если вдуматься, работа доктора Лопеса — просто образцовое научное исследование.

И вот вам трагедия ученого — пока доктор Лопес занимался воспроизведением результатов, проверкой гипотез, обработкой данных, формулировкой научных выводов и практических рекомендаций, — японские конкуренты опубликовали аналогичное исследование о поведении *Otodectes cynotis* в ухе человека. Доктор Лопес как настоящий ученый сослался на эту работу и лишь меланхолично заметил: «Интересно, наслаждался ли участник эксперимента им так, как я?»

Свои результаты доктор Лопес представил на суд научной общестественности в статье, которую назвал в стиле Джона Стейнбека — «О клещах и людях» (J. American Veterinary Medical Association, 1993, 203). Статья привлекала внимание экспертов, и ему незамедлительно в 1994 году, присудили Игнобелевскую премию по энтомологии. На церемонии награждения доктор Лопес прочитал поэму собственного сочинения, посвященную клещам. Крайне разносторонний был человек!

Обнадеживает, что огонь подвижничества и самопожертвования горит не только в сердцах ученых старшего поколения, но и в молодых исследователях, только начинающих свой тернистый путь в науке. В качестве примера приведем работу Майкла Смита, аспиранта Корнеллского университета, Лига Плюща между прочим.

Майкл занимался изучением коллективного поведения пчел, а пчелы, как известно, склонны жалить людей, особенно вторгающихся в их дружный коллектив с целью изучения тайн их жизни или отъема меда. Не рискуя сильно ошибиться, скажем, что число ужаленных пчелами составляет не меньше одного миллиарда человек, но только Майкл Смит подошел к этому вопросу с научной, количественной точки зрения. Он экспериментально установил показатель боли от укуса пчел для различных частей и точек тела и доложил об этом научному сообществу в обширной статье, опубликованной в реферируемом высокорейтинговом (импакт-фактор 2,2) журнале «PeerJ» (2014, 2, 338).

Исследования такого рода в настоящее время практически невозможны из-за многочисленных рогаток, расставленных

юристами и биоэтиками. Но даже они не могут запретить ученым ставить эксперименты на себе. Майкл Смит в своей статье подробно остановился на этом моменте. Он четко заявил, что использованные им методы не противоречат Хельсинкской декларации 1975 года (с дополнением от 1983 года) об исследовательской этике и экспериментах на людях, был единственным объектом исследования, что он был осведомлен обо всех рисках, связанных с экспериментом, и предупрежден, что полученные данные будут преданы гласности в открытой печати. Мы, в свою очередь, предупреждаем, что если у вас есть неприятные воспоминания, связанные с укусами пчел, или вы боитесь их как огня, то вам лучше пропустить следующие абзацы.

Суть эксперимента Смита чрезвычайно проста: он прижимал пчелу к намеченной точке тела, пчела его, естественно, жалила, через минуту Смит удалял пчелу и жало и оценивал болезненность укуса по шкале от 1 (как комар укусил) до 10 (а-а-а!). Но это только вершина айсберга, в методике было множество нюансов, которые делают эту работу образцовым научным исследованием.

Начнем с количественной оценки. Болезненность укуса — вещь индивидуальная и относительная. Смит на основе предварительных опытов установил некий внутренний стандарт укуса средней силы, 5 по его шкале, который соответствовал укусу в предплечье. Этот внутренний стандарт он использовал в каждой серии экспериментов, что выглядело следующим образом: укус в предплечье, три укуса с интервалом в пять минут в другие места, опять укус в предплечье.

Нельзя было сбрасывать со счетов эффект привыкания, потому что человек ко всему привыкает, даже и к боли. Для нивелирования этого эффекта Смит в течение трех месяцев перед экспериментом подвергал себя как минимум пяти укусам пчел ежедневно.

Места укусов представляли собой репрезентативную выборку, включающую 25 точек на теле Смита. В ней отсутствовал язык, который, как мы знаем, часто подвергается укусам пчел — они попадают в рот, когда мы лакомимся ягодами и фруктами. Несомненно, что Смит исключил язык не из малодушия — не такой он человек! Возможно, он ему был нужен для сдачи кандидатских экзаменов.

Сделать эксперимент полностью «слепым» Смит по понятным причинам не мог, но сделал всё возможное для рандомизации. Каждый раз он выбирал точки укуса с помощью генератора случайных чисел, также случайным образом определял, в какую часть тела — правую или левую — производить укус. Чтобы исключить влияние времени суток, укусы производились в строго определенное время, с 9.00 до 10.00 утра. Со статистикой тоже все было в порядке, стандартное квадратичное отклонение рассчитывали по результатам трех независимых укусов.

Эксперимент продолжался 38 дней, в течение которых, как нетрудно подсчитать, Смит вытерпел 190 укусов. Результаты представлены в таблице. Мы понимаем, что таблицы — атрибут научных публикаций и для научно-популярной литературы они не подходят, но здесь не тот случай. Мы ничего не будем комментировать, просто всмотритесь в цифры, вдумайтесь и восхититесь (или ужаснитесь).

Результаты позволили Смицу сделать предположение, что болезненность укусов пчел зависит не столько от толщины и жесткости кожного покрова, сколько от количества нервных окончаний в месте укуса. Исследователь и сам понимает, что научная ценность его работы не столь высока, потому что выполнена на единственном «объекте», но где взять других, даже и добровольцев? Как бы то ни было, Майклу Смицу за эту работу была присуждена Игнобелевская премия по энтомологии за 2015 год, что сделало его героем Корнеллского университета, где вообще-то и с Нобелевскими лауреатами все хорошо.





Художник С. Дергачёв

Вылечит ли бацилла сахарный диабет?

Кандидат биологических наук
Н.Л. Резник

Когда ученые сообщают, что почти нашли новое лекарство от диабета, очень хочется им верить, особенно если данные получены в престижном исследовательском центре и опубликованы в авторитетных международных журналах. Увы, все это не гарантирует от разочарования.

Двадцать лет по торной дороге

Сахарный диабет первого типа — аутоиммунное заболевание, при котором разрушаются бета-клетки поджелудочной железы, синтезирующие инсулин. Из-за нехватки этого гормона глюкоза не поступает в клетки, а ее уровень в плазме крови повышается. Лечат болезнь инъекциями инсулина, но всех проблем этот метод не решает, поскольку поджелудочная железа продолжает разрушаться. Исследователи пробуют разные методы восстановления бета-клеток (см. «Химию и жизнь», 2018, 12).



РАССЛЕДОВАНИЕ

Диабет развивается из-за нарушений в работе иммунной системы. Она содержит цитотоксические Т-лимфоциты, они же Т-киллеры, которые должны уничтожать чужеродные клетки. Но иногда случаются сбои. При диабете первого типа лимфоциты-киллеры становятся аутоиммунными и избирательно атакуют бета-клетки поджелудочной железы. В подобных случаях на помощь должны прийти регуляторные Т-лимфоциты, задача которых — уничтожать аутоиммунные клетки. Однако при аутоиммунных заболеваниях регуляторных клеток либо мало, либо они не работают, но результат один: со своей задачей они не справляются, и аутоиммунные Т-клетки продолжают бесчинствовать. Есть еще одно средство — фактор некроза опухоли, внеклеточный белок, который синтезируют другие клетки иммунной системы — макрофаги. Он убивает любые аутоиммунные лимфоциты, а здоровые не трогает. Это давно и хорошо известно, однако использовать белок как лекарство нельзя — он токсичен для людей.

Иммунологи Массачусетской больницы широкого профиля и Гарвардской медицинской школы под руководством

доцента Дениз Фаустман исследуют диабет первого типа 20 лет. Они работали с традиционным модельным объектом для изучения диабета — мышами линии NOD. У этих животных спонтанно возникает аутоиммунное заболевание, сходное с диабетом человека. В 2001 году доктор Фаустман сообщила о том, что стимулировала у своих мышей усиленный синтез фактора некроза опухоли, отчего у больных животных восстановились островки бета-клеток в поджелудочной железе. Вот бы и людям так! Но, увы, просто дать пациенту дозу белка нельзя. Нужно, чтобы организм сам увеличил его синтез, и ученые уже полсотни лет, не меньше, знают, как этого добиться. Макрофаги выделяют фактор некроза опухоли в ответ на бактериальную инфекцию, и, когда их нужно стимулировать, людям или животным вводят противотуберкулезную вакцину БЦЖ (бациллу Кальметта — Герена) — ослабленный, но живой возбудитель туберкулеза крупного рогатого скота *Mycobacterium bovis*. Эту вакцину используют почти сто лет, привили более 3 миллиардов человек, и у исследователей были время и возможность заметить, что она активирует неспецифический иммунный ответ, то есть реакцию организма на любую инфекцию.

Именно этим испытанным средством воспользовались гарвардские иммунологи. В 2010 году они начали первый этап клинических исследований, который занял 8 лет и прерывался из-за проблем с финансированием. Испытуемых случайным образом разделили на две группы, которым дважды с интервалом в четыре недели внутривенно вводили БЦЖ или плацебо. В течение 8 лет им регулярно делали анализы крови и сравнивали показатели с результатами здоровых людей и больных, которым не делали никаких инъекций.

Инъекции вакцины привели к двум существенным результатам. Прежде всего они нормализовали состояние иммунной системы пациентов. В течение первых восьми недель у них погибли почти все аутоиммунные Т-клетки: пик смертей пришелся на пятую неделю эксперимента (после второй инъекции). В то же время «исцелились» испорченные регуляторные Т-лимфоциты. Они не работали из-за того, что у них были метилированы несколько ключевых генов. Вакцинация вызвала деметилирование, гены заработали нормально, и регуляторные клетки смогли вернуться к выполнению своих обязанностей.

Кроме того, вакцина повлияла на глюкозный метаболизм лимфоцитов. У больных диабетом первого типа глюкоза в клетки практически не поступает. Чтобы получить необходимую энергию и синтезировать АТФ, они вынуждены окислять не глюкозу, а жирные кислоты. После инъекций глюкоза потекла из плазмы крови в клетки, которые ее расходовали для синтеза АТФ, нуклеотидов и некоторых аминокислот. В результате концентрация глюкозы в крови снизилась. Эти изменения исследователи выявили, сравнив последовательности ДНК, мРНК и метаболиты в клетках испытуемых и участников групп сравнения.

В качестве показателя уровня глюкозы в крови ученые использовали долю гликированного гемоглобина. Гемоглобин находится в эритроцитах, и какая-то его часть необратимо связана с молекулами глюкозы. Чем выше была средняя концентрация сахара в крови за последние три месяца, тем больше доля гликированного гемоглобина. В начале исследования этот показатель составлял в среднем 7,36%, что близко к верхней допустимой границе для больных диабетом первого типа. За 5 лет этот уровень снизился у вакцинированных пациентов до 6,18%, потом, правда, подрос до 6,65%, но это все равно лучше, чем было. У группы плацебо и участников групп сравнения показатели не изменились (см. график на рис.)

Дениз Фаустман и ее коллеги очень гордятся полученным результатом. Они утверждают, что БЦЖ снижает уровень сахара в крови, влияя на экспрессию генов, регулирующих поступление глюкозы в клетки и ее утилизацию. При этом поступление глюкозы в клетки зависит от ее концентрации в крови: если концентрация мала, лимфоциты прекращают поглощать сахар, поэтому гипогликемия больному не грозит. Инсулиновые

инъекции снижают уровень глюкозы, невзирая на изменения ее концентрации, и риска гипогликемии не избежать.

К сожалению, этого замечательного результата придется подождать: уровень гликированного гемоглобина почему-то снижается лишь спустя 3–4 года после введения БЦЖ. У мышей, больных диабетом, уровень глюкозы в крови тоже снижался не сразу после вакцинации, а через шесть недель. Учитывая, что мышь в среднем живет 2,5 года, этот срок сопоставим с 3,5 годами человеческой жизни. Возможно, для сокращения сроков нужно увеличить дозу БЦЖ и делать больше инъекций.

А теперь о грустном. БЦЖ не восстановила бета-клетки поджелудочной железы. Несколько недель после инъекций синтез инсулина увеличивался, но быстро вернулся к прежнему уровню. Результат, полученный на мышах, не удалось повторить на людях. Возможно, причина в том, что экспериментальные грызуны были молоды, а люди ко времени вакцинации уже имели за плечами по 15–20 лет болезни. Не исключено, что вакцина сможет вылечить детей (диабет первого типа проявляется в раннем возрасте); так ли это, покажут педиатрические испытания, если до них дойдет дело.

Таким образом, эффект вакцинации свелся к снижению уровня глюкозы в крови, не зависящему от синтеза инсулина, что может, по мнению Дениз Фаустман, изменить стандарты лечения диабета первого типа. Исследовательница подчеркивает, что для лечебного эффекта необходима двойная вакцинация с интервалом в несколько недель, однократная не поможет. Все нерешенные вопросы ученые планируют выяснить на втором этапе клинических испытаний, которые должны завершиться в 2023 году. Пока для этой работы не хватает денег. Фаустман не удалось получить грант, ее исследования финансируют частные фонды и добровольные жертвователи. Из 20 миллионов долларов, необходимых для работы, удалось собрать примерно половину.

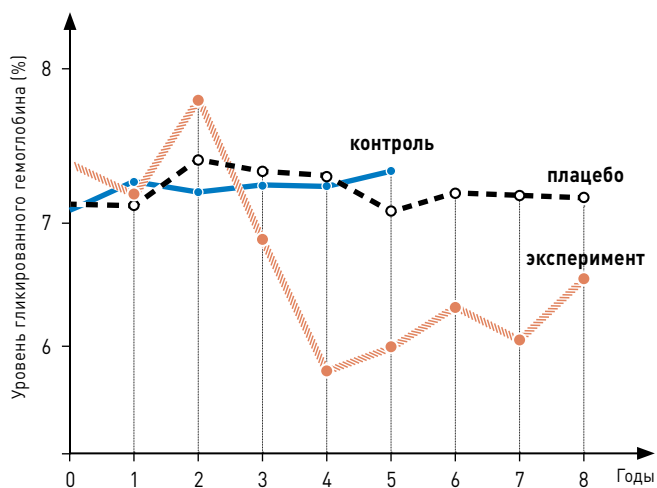
Три плюс шесть

Трудности не обескуражили исследовательницу. В прошлом году она опубликовала результаты в журнале «npj Vaccines», партнере «Nature», затем появилась статья в «Trends in Endocrinology & Metabolism», входящем в издательскую группу «Cell». А в июне прошлого года доктор Фаустман представляла свои результаты на научной сессии Американской диабетической ассоциации. Накануне конференции она встретила с журналистами, и в день открытия сессии ведущие популярные издания пестрели заголовками типа: «Нашла ли д-р Фаустман лекарство от диабета первого типа?»

По правилам на конференции можно докладывать только новейшие результаты, которые еще не были опубликованы, и уж тем более не разрекламированы в СМИ. Исследовательница эти правила нарушила, чем обидела и Американскую диабетическую ассоциацию, и Фонд исследования ювенильного диабета, который в свое время отказал Дениз Фаустман в финансировании. То ли неудовольствие, то ли научная добросовестность побудила экспертов обеих организаций выступить с совместным заявлением (небывалый случай!), в котором они обратили внимание общественности на некоторые методические подробности данного исследования. Сама доктор Фаустман эти детали не то чтобы скрывала, а просто не афишировала, и рецензенты престижных научных журналов почему-то не придали им значения.

По мнению экспертов, полученные результаты, хотя и предлагают наводящие на размышление вопросы, не дают на них однозначных ответов, а клинических данных недостаточно, чтобы давать какие-то рекомендации по лечению диабета первого типа.

Начнем с числа испытуемых. Гарвардские иммунологи пишут, что их было 282, однако большую часть составили участники группы сравнения. Вакцинированных пациентов поначалу было всего трое, это за ними наблюдали 8 лет. Позже к исследованию присоединились еще шестеро и участвовали в пятилетних



После двух инъекций БЦЖ у больных диабетом первого типа (СД1) меняется уровень гликированного гемоглобина

исследованиях. Итого девять вакцинированных и еще трое в группе плацебо. Эти подробности упомянуты в статье либо вскользь мелким шрифтом, либо в дополнении, которое доступно только в электронном виде. Эксперты утверждают, что такого числа испытуемых недостаточно, тем более что в первой тройке вакцинированных БЦЖ подействовала только на двоих.

Также мимоходом авторы работы сообщают, что в ходе исследования все больные продолжали принимать инсулин. О подробностях терапии в разных группах ученые не пишут. Поэтому нет оснований утверждать, что вакцинация БЦЖ меняет стандарты лечения диабета первого типа. Вы спросите, как в таком случае исследователи различали инсулин, синтезируемый в поджелудочной железе и получаемый извне? По уровню С-пептида. Он образуется в бета-клетках при расщеплении проинсулина и вместе с гормоном выделяется в кровоток. Сколько синтезировалось инсулина, столько и С-пептида образовалось. До 20-й недели его уровень потихоньку рос и стал примерно вдвое больше, чем в группе сравнения, а потом пошел на убыль.

Что касается гликированного гемоглобина, его концентрация снизилась весьма умеренно. Критики отмечают, что этот эффект может быть не связан с вакцинацией и нет гарантии, что он воспроизведется у миллионов больных. Кроме того, концентрация гликированного гемоглобина у больных диабетом имеет тенденцию со временем снижаться сама собою, особенно после того, как пациенты выходят из подросткового и юношеского возраста. Дениз Фаустман это явно не учитывает. А еще она не может повторить результаты, полученные на мышах в 2001 году (одни сотрудники лаборатории говорят, что островковые клетки у мышей все-таки восстанавливаются, другие утверждают, что нет).

Обе организации заявляют, что в настоящее время не финансируют работу доктора Фаустман, но будут следить за ее развитием. Это заявление вызвало множество откликов заинтересованных людей. Кто-то называет исследовательницу мошенницей, внушающей ложные надежды. Люди, пожертвовавшие деньги на исследования, требуют их вернуть и недоумевают, на что исследователи потратили 20 лет. Другие продолжают надеяться.

Сама Фаустман отвечает, что ее данные статистически верны: на то и существует статистика, чтобы оценивать достоверность результатов, полученных на малых выборках. У пациентов, которым сделали две инъекции БЦЖ, в течение более чем 5 лет наблюдалось статистически значимое изменение гликированного гемоглобина без каких-либо серьезных осложнений или тяжелых гипогликемических событий по сравнению с плацебо. Эти наблюдения дают основания перейти ко второму этапу исследований, во время которого иммунологи

рассчитывают получить больше информации об эффектах БЦЖ. В этой фазе клинических испытаний участвуют 150 человек, в том числе 120 вакцинированных. Наблюдение за ними продлится 5 лет, один год уже прошел. Кроме того, ученые заняты разработкой биомаркеров, которые позволят быстро определить изменение метаболизма глюкозы, и сравнением эффективности разных штаммов БЦЖ. Они также планируют педиатрические исследования и интересуются влиянием вакцины на другие аутоиммунные заболевания. В общем, планов много, были бы деньги и разрешение контролирующих органов. Дениз Фаустман рассчитывает получить и то и другое.

Не только БЦЖ, не только диабет

Поскольку БЦЖ стимулирует иммунный ответ на любую инфекцию, она полезна при многих заболеваниях. Еще в 1930-х годах медики заметили, что вакцина заметно снижает детскую смертность, и этот эффект нельзя объяснить одной профилактикой туберкулеза. А с 1970-х годов ее используют для лечения меланомы, рака мочевого пузыря, некоторых заболеваний, вызванных микроорганизмами рода *Mycobacterium*, в том числе проказы. Она сокращает риск развития атонии (предрасположенности к аллергическим реакциям). Все эти данные получены в ходе клинических исследований и популяционных наблюдений.

А диабет первого типа инъекциями БЦЖ пытались лечить давно, но без особого успеха. При ранней иммунизации у мышей NOD они предотвращают развитие диабета. У людей, привитых в детстве, вакцина не предупреждает болезнь, но, возможно, отсрочивает ее начало. В исследовании, проведенном в 1994 году в Израиле, у 11 из 17 пациентов, недавно заболевших диабетом первого типа, однократная инъекция БЦЖ вызвала ремиссию. В контрольной группе таких счастливых было только двое из 29. С другой стороны, сколько лет уже новорожденным делают прививку БЦЖ, а заболеваемость диабетом растет. В общем, вакцина если и влияет на диабет, то очень слабо. Возможно, Дениз Фаустман права и вакцинировать надо дважды.

Ослабленная бацилла коровьего туберкулеза — не единственная инфекция, которая взбадривает иммунную систему. Это тоже давно известно, и примером могут служить результаты, полученные в лаборатории Фаустман. У одного из участников группы плацебо аутоиммунные Т-лимфоциты погибли, регуляторные восстановили функциональность, а уровень гликированного гемоглобина снизился, как у вакцинированных пациентов. Оказалось, что этот человек заражен вирусом Эпштейна — Барр, который также стимулирует экспрессию фактора некроза опухоли. Но вирусная инфекция, конечно, не метод лечения, надо подобрать средство помягче.

Это сейчас медики ищут вакцины, способные предотвратить диабет, а еще лет 30 назад считали, что прививки могут повышать риск развития диабета первого типа. Проверая эту гипотезу, сотрудники Каролинского института (Швеция) в 1991 году собрали сведения о 339 детях, недавно заболевших диабетом первого типа, и 528 здоровых детях в возрасте от младенческого возраста до 14 лет. Оказалось, что вакцинация против туберкулеза, оспы, столбняка, коклюша, краснухи и эпидемического паротита не повлияли на риск развития диабета у юных шведов, зато вакцина от кори снизила вероятность заболевания.

Выводы о связи между иммунизацией и диабетом первого типа пока сделать трудно. Нужно больше информации. Возможно, медики научатся предотвращать болезнь, используя уже существующие вакцины, или специально создадут новые. А нам остается ждать и надеяться на их удачу и научную добросовестность.





Художник Марисол Эскобар

Мифы о подсластителях

«Настоящих» сахаров среди пищевых продуктов немного; самые известные — глюкоза, фруктоза и состоящий из этих двух моносахаридов дисахарид сахароза; о них рассказано в предыдущей статье. А вот синтетических (и некоторых природных) подсластителей

много. И именно они вызывают больше всего разных слухов и небылиц. Так, в свое время распространилось мнение об опасности сахарина: исследования на крысах показали, что он может вызвать рак мочевого пузыря. И в некоторых странах, в том числе в СССР,

использование сахарина в пищевой промышленности было запрещено. Однако в конце XX века запрет сняли. В чем тут дело? Будем разбираться, в том числе и с другими подсластителями. Кстати, чрезмерное потребление обычного сахара приводит к диабету, ожирению, сердечно-сосудистым и другим заболеваниям (организм человека эволюционно не приспособлен к усвоению больших количеств сахара), но никому не приходит в голову запретить сахарозу. А подсластители как заменители сахарозы способны устранить многие проблемы, поскольку их потребляют в очень малых количествах.

В списке пищевых добавок подсластители расположены в разделах, начинающихся на Е6 и Е9. «Шестисотых» немного, и они редко используются как подсластители. Среди «девятисотых» в России разрешены ацесульфам калия (Е950), аспартам (Е951), цикламат (Е952), изомальт, он же изомальтит (Е953), сахарин (Е954, обычно в виде натриевой соли), сукралоза (Е955), тауматин (Е957), стевियोид (Е960), ксилит (Е967), эритрит (Е968) и некоторые другие. Разные подсластители в разной степени сладкие — цикламат слаще сахарозы примерно в 40 раз, аспартам, ацесульфам, стевियोид — в 100–250 раз, сахарин и сукралоза в 250–600 раз, тауматин — примерно в 2000 раз. Максимально допустимые дозы для человека — от 0,4 (тауматин) до 6 (ацесульфам) грамм на килограмм веса. Разумеется, такие дозы никогда не используют. На стакан чая обычно кладут одну таблетку сахарина, 0,04 г, это заменяет два куска сахара, а для достижения максимально допустимого значения нужно положить в чай 30 таблеток сахарина, что эквивалентно 60 кускам сахара! В начале XX века безопасность сахарина проверяли на людях, и дозы, доходившие до 10 г этого вещества, не вызвали отравления (о некрасивой истории открытия сахарина см. «Химию и жизнь», 2013, 9).

Все изменилось, когда в 1977 году в опытах на крысах обнаружили канцерогенные свойства сахарина, но почему-то заболевали только самцы: у них развивался рак мочевого пузыря. Почему же многие страны не поспешили тогда с запрещением сахарина, а со временем и в других странах запрет на использование сахарина был снят? Оказывается, в упомянутых опытах крысам очень долго (больше года) скормили очень большое количество сахарина; примерно, как если бы человеку давали в течение года по тысяче таблеток ежедневно. Повторные независимые эксперименты, включающие наблюдение за более чем десятью по-

колениями подопытных животных, выявили полную безопасность сахараина.

В первых исследованиях канцерогенными оказались не химические, а физические свойства вещества! Всему виной были биологические особенности мочевого пузыря у самцов грызунов. У крыс, получавших огромные дозы сахарината натрия, в мочевом пузыре отлагались крошечные кристаллики этой соли, и механические повреждения тканей этими кристалликами провоцировали рост опухоли. Аналогично попавшие в легкие мельчайшие волокна нетоксичного минерала могут в результате длительного (иногда десятилетиями) механического воздействия привести к раку легких. Остается добавить, что сахарин организмом не усваивается и полностью выводится с мочой.

У чистого сахараина неприятный «металлический» привкус, поэтому его обычно используют в сочетании с другими подсластителями, например, с аспартамом, который полностью подавляет привкус сахараина. По интенсивности сладкого вкуса аспартам сходен с сахарином. Причем сладкий вкус обоих веществ был открыт случайно (аспартам — на 86 лет позже).

Аспартamu тоже досталось от ревнителей всего «природного». Можно встретить такое утверждение: «При нагревании до 30 градусов аспартам распадается на метанол и фенилаланин. Метанол, в свою очередь, преобразуется в формальдегид, который является сильнейшим канцерогеном». Действительно, аспартам с химической точки зрения — это метиловый эфир L-альфа-аспартил-L-фенилаланина. Известно, что сложные эфиры гидролизуются с образованием исходных компонентов — кислоты и спирта; в данном случае — двух аминокислот (фенилаланина и аспарагиновой кислоты, они входят в состав белков) и метилового спирта; при этом из 100 г аспартама образуется 11 г метанола. Гидролиз аспартама происходит довольно быстро в пищеварительном тракте человека, причем молекулы исходного аспартама никогда в кровь целиком не попадают.

Насколько опасно выделение метилового спирта из аспартама? Известно, что метанол — сильный яд: всего 10 мл (8 г, или две чайные ложки) могут вызвать слепоту, а 20–60 мл убивают человека массой 70 кг. Именно присутствием метанола в фальсифицированных спиртных напитках объясняются массовые смертельные отравления. Но мало кто знает, что в больших или меньших количествах метанол всегда содержится в спирте, полученном из картофеля, зерна и особенно — из ви-

ноградных и яблочных выжимок (в 100 л такого спирта может содержаться более 1 л метанола). Даже строгий трезвенник получает ежедневно небольшие количества метанола! И аспартам к этому не имеет никакого отношения: метиловые эфиры различных жирных кислот содержатся (правда, в небольших количествах) в обычной пище. Например, в различных фруктах и фруктовых соках. Метиловые эфиры входят также в состав полисахарида пектина, природного желеобразующего вещества в различных джемах. Желудочный сок не расщепляет пектин, зато с этим успешно справляются микроорганизмы в кишечнике. Малые количества метанола не создают для организма никаких проблем: он их легко перерабатывает, хотя и в 7–8 раз медленнее, чем этиловый спирт.

Теперь посмотрим, можно ли отравиться метанолом, употребляя в качестве подсластителя аспартам. В России допустимая суточная норма потребления аспартама составляет 40 мг/кг массы тела. При массе 70 кг это 2,8 г. При гидролизе такого количества аспартама получается 0,3 г метанола. Но это — теоретический максимум. В организме человека, выпившего целый литр напитка, подслащенного аспартамом, образуется около 0,07 г метанола; это вдвое меньше, чем из литра натурального сока (в среднем — 0,14 г). А две таблетки аспартама после его гидролиза дадут максимум 0,004 г метанола.

Позволю себе отвлечься на историю, которую рассказала мне коллега. Она произошла много лет назад в одном из московских академических институтов. Квалифицированные стеклодувы закончили сложную установку и собрались поесть. Достали принесенные из дома закуски, хлеб, всё аккуратно разложили. В это время появляется заведующая лабораторией с колбочкой в руке и говорит, что в награду за хорошую работу она раздобыла немного спирта. Оставила колбочку и ушла. Стеклодувы разлили спирт по стаканчикам и сразу выпили. Кроме одного, который не спешил. И тут в мастерскую влетает завлаб с белым лицом и кричит: «Ничего не пейте! Мне по ошибке налили метиловый спирт. А если кто выпил — я уже вызвала «скорую», вам промоют желудок, и все будет хорошо». В это время сосед не пившего берет его стаканчик и выпивает! «А что, все равно ведь будут промывать...»

Но вернемся к нашей теме. Из других синтетических сахарозаменителей можно отметить цикламат натрия — соль циклогексиламино-N-сульфоновой кислоты, ацесульфам калия и сукралозу. Сукралоза (трих-

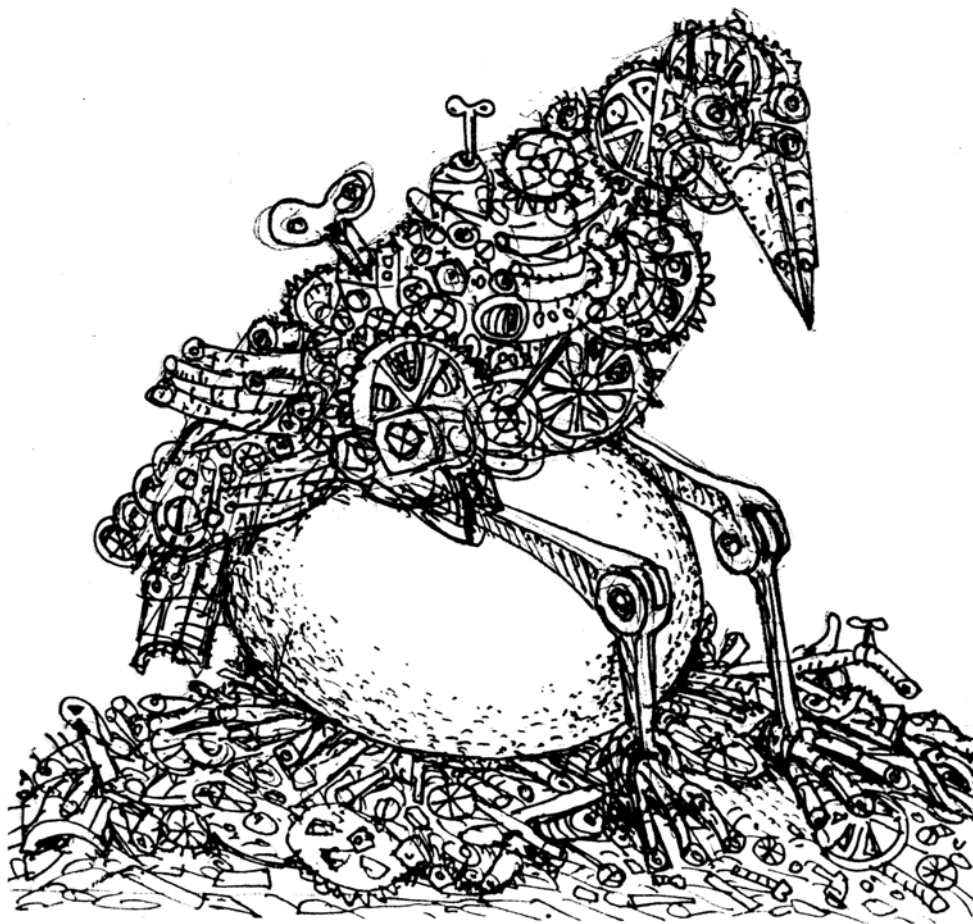


СТО ХИМИЧЕСКИХ МИФОВ

лорсахароза, она же трихлортридезоксигалактосахароза) — самый сладкий из упомянутых заменителей сахара. Сукралозу получают из сахарозы путем замещения (в несколько стадий) в молекуле сахарозы трех гидроксильных групп в положениях 4, 1' и 6' на атомы хлора. В результате вещество перестает усваиваться (в организме нет для этого подходящих ферментов) и выводится в неизменном виде. Сукралоза безопасна: при рекомендуемой дозе суточного потребления этой добавки 18 мг/кг массы допустимая доза в 85 раз выше! Но такие приторно сладкие продукты никто есть не станет.

Из природных заменителей сахара практическое применение нашел стевиозид, получаемый из сока растения *Stevia rebaudiana*, она же Стевия медовая. Стевиозид не влияет на уровень сахара в крови и может употребляться при сахарном диабете. На некоторых сайтах встречается утверждение о мутагенности и канцерогенности стевиозида, однако эти сведения давно устарели. Они были получены в опытах на мышах и цыплятах при дозе от 0,5 до 1,2 г/кг массы. Учитывая очень высокую сладость стевиозида, для человека такая доза соответствует мешку сахара! Даже поваренная соль при значительно меньших дозах способна убить человека. Более того, старые эксперименты со стевиозидом не получились воспроизвести. Как писал А.С. Садовский (см. «Химию и жизнь», 2005, 4), «...из всех научных данных следует, что на сегодня стевия — лучший заменитель сахара. Она менее токсична, чем синтетические подсластители, хорошо переносится без побочных эффектов, имеет неплохие вкусовые качества, доступна по цене. Все это особенно важно для больных диабетом и ожирением». Действительно, мечта сластены — и сладко, и калорийность ничтожная.

И.А. Леенсон



**Если вы
скачали этот
номер
журнала
Химия и
жизнь
с бесплатного
сайта,
то**

**внести посильный взнос на оплату труда
журналистов, редакторов, художников
и корректоров вы можете, оплатив один
номер или целую подписку
в нашем киоске по адресу:**

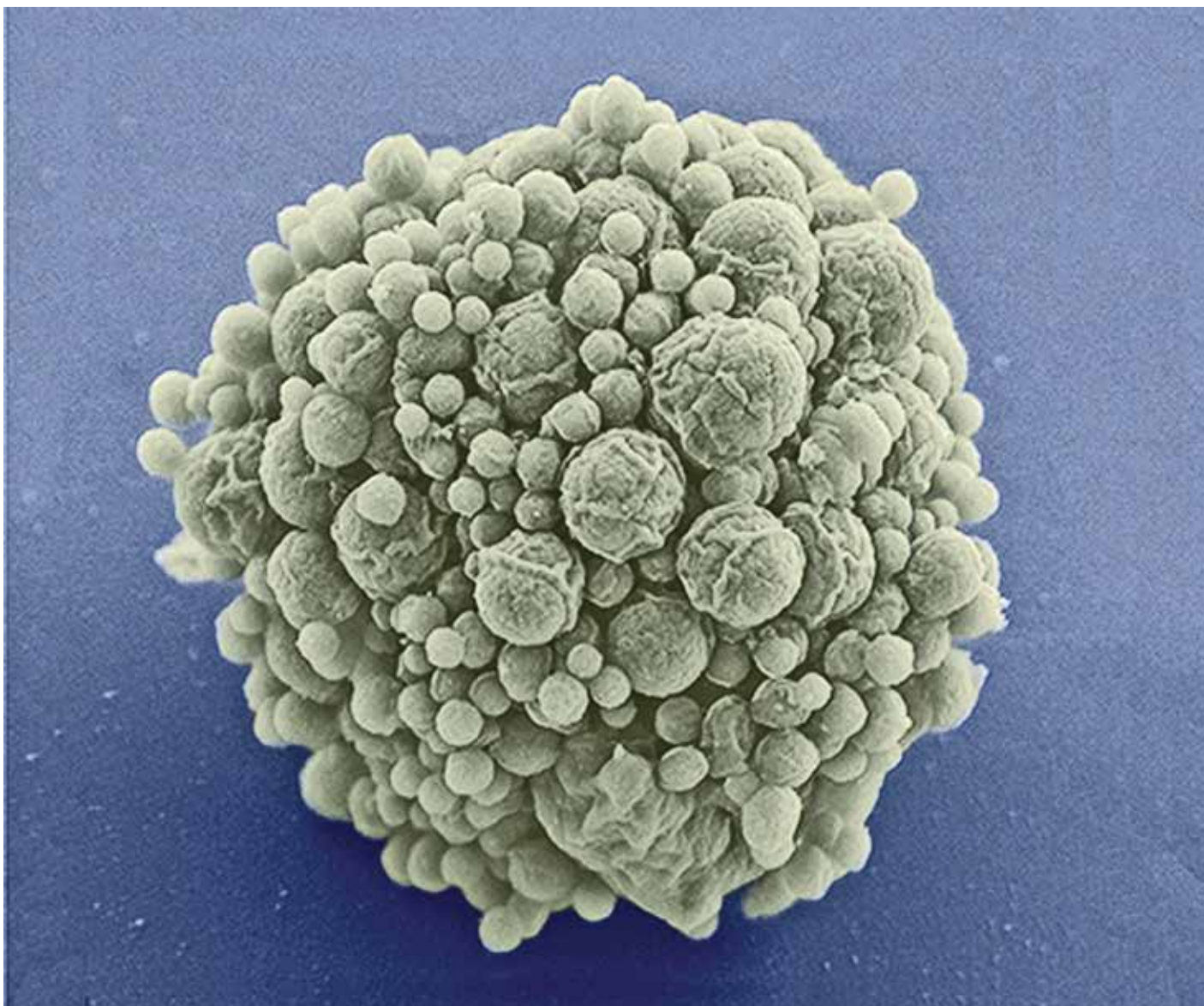
http://www.hij.ru/buy_subscribe/

**Если вам
надоело
скачивать
случайные
номера
журнала
Химия и
жизнь
с бесплатного
сайта,
то**



**с любого номера вы можете подписаться
на бумажную или электронную версию
журнала по адресу**

http://www.hij.ru/buy_subscribe/



Синтетическая биология: конструирование живого

А.А. Грешнова,
кандидат биологических наук

Г.С. Глухов,
кандидат физико-математических наук

А.К. Шайтан

Мы научились создавать генно-модифицированные организмы, организмы с отредактированным геномом. Но модификации и редактирование — еще не конструирование с нуля, из стандартизированных элементов по известным правилам. Инженерия живых систем — следующая цель современных биологических наук.

Еще одна инженерная дисциплина

Ход научно-технического развития человечества можно описать простой формулой «от познания — к созданию». Открытия фундаментальной науки пробуждают интерес к разработке на их основе новых устройств, машин, технологий. Так, открытый Гансом Эрстедом алюминий преобразовал металлургию и промышленность, благодаря катализаторам Карла Циглера и Джулио Натты стало возможным современное производство пластмасс. Открытие радиоволн привело к созданию радиосвязи, открытие свойств полупроводников — к созданию современных компьютеров. При этом в областях знаний, которые принято называть техническими, прогресс обычно связан с постепенным усложнением. Каждый год появляются более сложные электронные устройства, более

*Синтетическая бактерия — *Mycoplasma laboratorium* JCVI-syn3.0*

функциональные машины и роботы, возрастает сложность самих материалов и новых химических веществ.

Вид деятельности, связанный с рациональным проектированием и построением технических систем из более простых элементов, принято называть инженерией. Это верно для многих отраслей инженерии: физико-технической, электро-технической, компьютерной и программной, химической.

Однако биология развивалась в несколько иных условиях. Живые организмы, созданные природой, сами по себе настолько сложны, что ученые долгое время были заняты в основном сбором эмпирических фактов, пытались понять и описать принципы функционирования живых систем. К концу 1940-х годов, когда уже была открыта квантово-механическая картина строения атома и молекул, созданы первые ЭВМ, во многих странах появились телевизионные станции, — базовые механизмы работы живых систем были еще непонятны. Основоположник квантовой механики Эрвин Шредингер в книге «Что такое жизнь с точки зрения физики?», вышедшей в 1944 году, рассуждал о генах как о некоторых абстрактных аperiодических кристаллах.

Лишь в 1953 году, когда Джеймс Уотсон и Френсис Крик расшифровали структуру двойной спирали, завеса над принципами функционирования живых организмов начала приоткрываться. К началу 1970-х годов исследователи научились использовать специальные ферменты — рестриктазы, разрезающие молекулы ДНК, и лигазы, сшивающие их. Это открыло путь к манипуляциям с ДНК и в конечном счете к созданию генно-модифицированных организмов. В 1973 году Герберт Бойер, Стэнли Коэн и Пол Берг создали первую бактерию с геном устойчивости к антибиотикам, заимствованным у другой бактерии, и это событие стало началом генной инженерии.

Но из-за сложности устройства биосистем подходы, используемые в новой инженерной дисциплине, разительно отличались от тех, которые сложились в технических науках. С одной стороны, эти подходы во многом основывались на методе проб и ошибок, а с другой стороны, ограничивались набором базовых манипуляций с имеющимися в природе генетическими элементами. Иными словами, и «рациональное проектирование», и «создание сложного из простого» пока доступно в биологии лишь с серьезными оговорками. Тем не менее наши представления об устройстве живых организмов становятся все более точными, благодаря автоматизации и роботизации мы можем проводить более сложные эксперименты, а компьютерные технологии помогают анализировать, моделировать и структурировать биологические системы.

Стремление создавать новые живые системы с полезными свойствами подобно тому, как создаются машины, самолеты, компьютеры, стало основой научного направления, которое получило название синтетической биологии.

Цифровой код ДНК

Запись информации в цифровом виде, в форме последовательности единиц и нулей совершила революцию в технике. Цифровой код дает возможность многократно копировать и передавать информацию без потери качества, использовать одни и те же механизмы записи и обработки для информации любого рода (текст, видео, аудио и т. д.), а компьютерные программы, записанные в цифровом виде, позволяют компьютерам и роботам выполнять одни и те же операции неограниченное число раз с высокой точностью.

Однако природа изобрела цифровое кодирование уже около 4 миллиардов лет назад. Первые протоорганизмы, давшие начало всему разнообразию живого на планете, содержали молекулы нуклеиновых кислот, в которых дискретным образом (то есть в виде четко отграниченных элементов) были закодированы инструкции о строении и функционировании этих организмов. Сейчас считается, что изначально носите-

лем генетической информации была РНК, в ходе эволюции эта функция перешла к родственным, но более стабильным молекулам ДНК, а молекулы РНК стали выполнять вспомогательные функции.

ДНК представляет собой полимер из звеньев четырех типов — дезоксирибонуклеотидов аденина, тимина, гуанина и цитозина (А, Т, Г, Ц). Совокупность молекул ДНК в живой клетке называется геномом организма. Двухцепочечная спиральная структура молекул ДНК позволяет хранить и копировать информацию. По своей сути последовательности нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК — это четырехбуквенный дискретный цифровой код. Исполняя последовательность операций, записанных в генетическом материале, живые организмы растут, живут — и размножаются, передавая информацию потомкам.

Чтобы понять смысл информации, закодированной в ДНК, нужно научиться ее читать. Первые технологии секвенирования — чтения последовательности мономеров в биополимере (скажем, в молекуле ДНК или РНК) — появились в 70-е годы XX века. Метод секвенирования ДНК, разработанный Фредериком Сенгером (см. «Химию и жизнь», 2018, 8), позволяет прочитывать до тысячи нуклеотидов за раз; более 30 лет он оставался основным методом секвенирования ДНК и не потерял своей значимости до сих пор. Один из самых масштабных международных проектов в истории биологии — «Геном человека» — использовал именно секвенирование по Сенгеру.

Проект начался в 1990 году под руководством Джеймса Уотсона. Планировалось, что он займет 15 лет, а общие затраты составят 3 миллиарда долларов. Перед исследователями стояла задача прочитать 3,3 миллиарда нуклеотидов человеческого генома. Для этого геном разрезали на фрагменты длиной около 150 тысяч нуклеотидов, которые можно было копировать в бактериях. Затем устанавливали положение этих фрагментов в хромосомах, создавая так называемую физическую карту генома. На втором этапе фрагменты разбивали на множество перекрывающихся случайных подфрагментов, которые секвенировали методом Сенгера, а затем состыковывали полученные последовательности с помощью специального программного обеспечения.

Однако в 1998 году аналогичный проект с частным финансированием начал Крейг Вентер, рассчитывая опередить государственный проект. Вентер отказался от разбиения генома на большие фрагменты и их картирования — в его проекте секвенировались миллионы перекрывающихся коротких фрагментов генома, а сборка исходной последовательности происходила за счет инновационных вычислительных алгоритмов. Конкуренция ускорила достижение цели: уже в 2000 году был представлен черновой вариант генома, а в 2003-м анонсировано официальное завершение проекта. Общие расходы составили около 5 миллиардов долларов в ценах 2019 года, или около 1,5 доллара за каждый секвенированный нуклеотид.

В XXI веке начали стремительно развиваться технологии секвенирования нового поколения. Современные приборы-



секвенаторы читают сотни миллионов коротких последовательностей одновременно, а компьютерные и программные технологии эффективно обрабатывают эти данные. Стоимость секвенирования генома одного человека по состоянию на 2019 год составляет менее тысячи долларов. Это фантастическое падение цен (более чем в миллион раз!) способствовало бурному прогрессу многих областей биологии.

Заметим, что с экономической точки зрения зачастую важно не столько абсолютное удешевление, сколько более-менее постоянная тенденция к удешевлению. В компьютерной индустрии хорошо известен так называемый закон Мура, гласящий, что количество транзисторов на микросхемах удваивается каждые полтора-два года. Данная тенденция уже более 50 лет остается драйвером развития всей компьютерной отрасли. Возможности по секвенированию ДНК в последние 20 лет росли еще быстрее. Это, с одной стороны, привело к взрывному росту биоинформатики, геномики, персонализированной медицины, а с другой — методы анализа данных стали играть более важную роль, чем их получение.

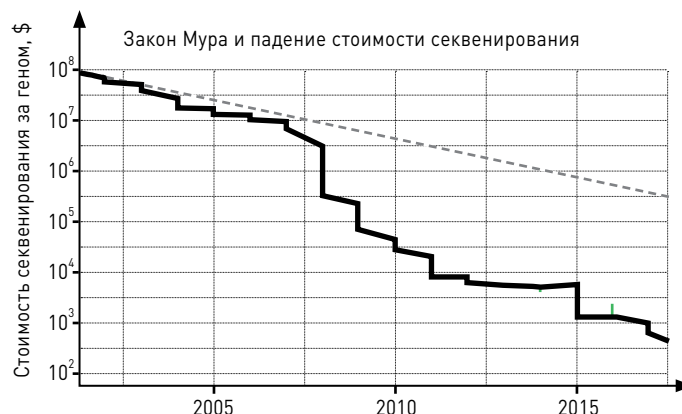
Чтение, правка и запись

Кроме секвенирования нового поколения появились и другие технологии, изменившие правила игры. Мы уже упоминали о технологиях, позаимствованных у природы, которые легли в основу новой отрасли — геномной инженерии: о ферментах рестриктазах и лигазах, разрезающих и сшивающих ДНК. Однако за 40 с лишним лет геномная инженерия значительно увеличила свой арсенал инструментов. В частности, гены теперь можно редактировать не в пробирке, а прямо внутри живых систем.

Общий принцип работы инструментов для такого редактирования — узнавание целевой последовательности ДНК и внесение разрыва в выбранном месте с помощью фермента нуклеазы. Следующий этап — починка (репарация) поврежденной ДНК, его выполняет сама живая клетка. При этом и возникает запланированное изменение последовательности в ДНК — удаление части ДНК или, скажем, замена мутации на нормальную последовательность гена (для замены системе репарации нужен участок ДНК без мутации, внесенный извне или уже находящийся в клетке, например копия того же гена в другой хромосоме, см. «Химию и жизнь», 2017, 9).

Одним из первых популярных редактирующих инструментов стала система TALEN — белок-химера, состоящий из нуклеазы и пришитого к ней ДНК-связывающего домена, который распознает участок генома, выбранный для редактирования. ДНК-связывающий домен собирают, как конструктор из деталей, заново для каждой целевой последовательности; кроме того, систему TALEN трудно доставить в клетки. Но затем появилась альтернатива, система CRISPR-Cas9. Белок Cas9 — тоже нуклеаза, но распознавание нужного участка обеспечивает не белок, а направляющая РНК, комплементарная этому участку. Синтез РНК — куда менее трудоемкая задача, чем конструирование ДНК-связывающего белка, поэтому система CRISPR-Cas9 стала одной из самых перспективных технологий редактирования генома, дав начало волне новых исследований, от метаболической инженерии микроорганизмов (перестройки обмена веществ в бактериальной клетке) до лечения наследственных заболеваний человека.

Параллельно развивались и методы химического синтеза ДНК, его стоимость тоже снижалась, автоматизация же позволила строить длинные цепи ДНК. В 2008 году синтезировали молекулу ДНК длиной в 582 970 пар нуклеотидов, о чем существует запись в книге рекордов Гиннеса. Молекула была геномом бактерии *Mycoplasma genitalium*, а работа проводилась под руководством Крейга Вентера. В 2010 году та же группа ученых опубликовала результаты еще более интересного эксперимента. Синтезированный с нуля геном другого вида микоплазмы — *M. mycoides* длиной



Динамика цен на полногеномное секвенирование.

Пунктиром показано экспоненциальное снижение (примерно так бы дешево секвенирование, если бы следовало закону Мура)

около 1,1 миллиона пар нуклеотидов пересадили в бактерию третьего вида, *M. capricolum*, из которой предварительно изъяли ее собственный генетический материал. Полученный организм — первое в мире живое существо с синтетическим геномом — продемонстрировал характеристики вида *M. mycoides*. Очевидно, именно после этого в научном сообществе и медийном пространстве стал активно использоваться термин «синтетическая биология».

Следующая цель Крейга Вентера и его коллег еще более амбициозна: создание организма с набором генов, не встречающихся в природе. Пока что они сконструировали клетку с минимальным геномом, удалив несущественные для выживания участки из генома *M. mycoides*. Результат нескольких лет экспериментов — *M. mycoides* JCV-syn3.0 — был представлен научной общественности в 2016 году. У этой вполне жизнеспособной бактерии осталось всего 473 гена, тогда как 428 генов исследователи смогли удалить (см. «Химию и жизнь», 2016, 5). Можно представить, что на основе подобных организмов специалисты когда-нибудь будут конструировать бактерий с нужными свойствами, добавляя дополнительные гены к «минимальной конфигурации».

От синтетической биологии к геномной инженерии и обратно

Французский биолог Стефан Ледук еще в 1912 году написал книгу под названием «Синтетическая биология», но речь в ней шла о некотором философском синтетическом подходе к познанию живых систем, о воссоздании их поведения на основе известных «физических сил». Потребовалось более 50 лет, чтобы «физические силы», лежащие в основе поведения биосистем, стали известны. Однако и тогда говорить о создании биосистем на их основе было рано. Заимствованные у природы ферменты резали, сшивали и копировали ДНК, формируя нужные исследователю конструкции, но и сами фрагменты ДНК, кодирующие различные функциональные элементы, были созданы природой, а не человеком. Экспериментатор мог выполнять ограниченные по сложности манипуляции с генетическими программами: удалять один или несколько генов, переносить отдельные гены из одного организма в другой. По сути, это был подход по принципу «сверху вниз» (top-down).

В то же время подходы, используемые инженерами в электронике, вычислительной технике, машиностроении и т. д., основаны на создании сложных систем с нуля — соединении, комбинировании более простых элементов, которые, в свою очередь, состоят из комбинаций еще более простых элементов. Однако в геномной инженерии такой подход — «снизу вверх» (down-top) — практически не использовался. Данное противоречие и вызвало к жизни термин «синтетическая биология» в его нынешнем

понимании для обозначения «настоящих» инженерных подходов к решению задач, которые традиционно относились к области генной инженерии.

Становлению синтетической биологии способствовал интерес ученых из областей компьютерной и электротехнической инженерии к решению биологических задач. Одним из основоположников направления стал американский компьютерный инженер Том Найт. Его иногда называют крестным отцом синтетической биологии, но в компьютерной среде он известен разработкой первых компьютеров для языка программирования Lisp и работой над сетью ARPANET, на основе которой затем возник Интернет. В 1990-х годах Том Найт заинтересовался работой с биологическими системами и применением к их дизайну инженерных принципов. В результате в начале 2000-х был создан стандарт хранения и работы с фрагментами ДНК BioBricks (подробнее о нем расскажем позже), который позволил упростить и стандартизировать хранение и сшивку фрагментов ДНК.

Сразу отметим, что «синтетическая биология» — это не только генная инженерия: широкая трактовка термина предполагает применение инженерных принципов к разнообразным задачам. Речь может идти об инженерии не только на уровне отдельных клеток, но и тканей, органов, организмов, а также о создании интерфейсов между живыми организмами и электронными устройствами.

Обычно выделяют несколько главных принципов инженерии — автоматизацию, абстракцию, стандартизацию и разделение труда. Как это будет выглядеть применительно к биосистемам?

Принципы инженерии в биологии

Автоматизация в синтетической биологии — это прежде всего роботизированные системы для проведения экспериментов и компьютерные программы, упрощающие проектирование биосистем, так называемые биологические САПР (системы автоматизированного проектирования).

Роботизация экспериментальных процедур позволяет проводить сложные эксперименты быстрее и точнее, чем это сделал бы человек. Она способна решить и весьма актуальную проблему воспроизводимости результатов экспериментов в разных лабораториях. Когда протокол эксперимента записан в виде программы, выполняемой роботом, с одной стороны, устраняется так называемый человеческий фактор, а с другой стороны, протокол прописан намного более детально, чем это можно сделать в научной статье.

Дальнейшее развитие идеи роботизации биологических экспериментов — создание «облачных лабораторий». Например, компания «Emerald Cloud Lab» уже сейчас предлагает полностью автоматизировать работу «мокрых» биологов (тех, кто работает в лаборатории с реальными биомолекулами и биообъектами, в отличие от все более многочисленных биологов, чье рабочее место — исключительно за компьютером). Выбирая готовый протокол из предложенных на сайте, ученые задают последовательность операций, которую нужно выполнить с образцами. После этого полностью роботизированная система, находящаяся в удаленной «облачной» лаборатории, исполняет все команды, и ученым остается только проанализировать результаты. По аналогии с облачными вычислительными сервисами такой подход серьезно уменьшит издержки пользователей — оборудование будет меньше простаивать и совместно использоваться многими клиентами сервиса.

Без систем автоматизированного проектирования сегодня немыслима разработка любых устройств — от мебели до самолета. САПР пришли и в биологию. Некоторые программы (например, j5) автоматически разрабатывают протокол эксперимента по соединению фрагментов последовательностей ДНК в более сложную конструкцию. Другой класс программ,



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

таких как Cello, предназначен для автоматизированного создания генетических сетей (о них речь пойдет ниже).

Понятие *абстракции* получило особенно широкое распространение в программировании и компьютерных науках. Суть этого подхода в том, что при описании реальных объектов строится упрощенная модель, которая принимает во внимание только параметры, важные для взаимодействия объекта с другими объектами системы, а детали опускаются. Применяя такой подход на разных уровнях организации системы, можно создать ее иерархическую абстрактную модель, где на каждом уровне будут выделены важные параметры подсистем, а детали спрятаны на более нижних уровнях иерархии. Абстракция дает множество преимуществ. Во-первых, работа системы или любой подсистемы представлена в достаточно простом виде, во-вторых, при наличии элементной базы нет необходимости проектировать систему с самых нижних уровней иерархии, в-третьих, инженеры, работающие на определенном уровне, не обязаны обладать квалификацией для работы на других уровнях. Так, инженер по проектированию персональных компьютеров не должен разбираться в устройстве транзисторов. Применение подобного подхода при проектировании биосистем — одна из важных целей синтетической биологии.

Стандартизация — ключевое условие для развития любой области инженерии, она удешевляет и ускоряет создание новых систем, а также позволяет участвовать в их создании все большему числу заинтересованных людей. Введение стандартов при разработке элементной базы компьютерных систем обеспечило взрывной рост компьютерных технологий; в самом начале бума персональных компьютеров умельцы собирали первые ЭВМ в прямом смысле слова в гараже, поскольку существовали стандарты. Синтетическая биология тоже ставит перед собой задачу разработать четкие правила, принять единые стандарты и протоколы, создать единые банки-репозитории биологических элементов и тем самым упростить конструирование биосистем.

Под «биологическими элементами» чаще всего понимают генетические элементы, то есть фрагменты ДНК. Важной вехой в области стандартизации работы с генетическими элементами стало создание стандарта BioBricks, который дает возможность собирать масштабные генетические конструкции из отдельных элементов — «биокирпичей». Последовательность ДНК каждого «биокирпичика» состоит из смысловой части, к которой по бокам пришиты специальные последовательности — префикс и суффикс, и всё вместе помещено в небольшую кольцевую молекулу ДНК, которая также содержит инструкции для ее копирования бактериями (бактериальная клетка здесь выступает в роли «кирпичного завода»). В префиксе и суффиксе есть участки узнавания ферментами-рестриктазами, подобранные так, чтобы «кирпичики» было удобно монтировать. На основе такого стандарта создан биобанк — реестр стандартных биологических деталей (Registry of Standard Biological Parts). В его библиотеке зарегистрировано уже более 20 тысяч элементов,

и каждый год ее пополняют участники знаменитого конкурса по синтетической биологии iGEM (The International Genetically Engineered Machine Competition — буквально «Международное состязание гено-инженерных машин»).

Перечисленные принципы инженерии создают предпосылки для *разделения труда* между разными группами, работающими над проектированием целой системы. Однако еще одной важной особенностью, свидетельствующей о высоком уровне развития технологии, считается разделение труда между проектированием (дизайном) и производством. Сегодня сложно представить архитектора, который сам участвует в постройке здания, а в биологии зачастую одни и те же специалисты продумывают дизайн генетической конструкции и собирают биосистемы. Ожидается, что с развитием синтетической биологии эти функции будут все сильнее разделяться. Однако из-за сложности и непредсказуемости биосистем к их проектированию, скорее всего, начнут применять итеративный подход «дизайн — построение — тестирование — дизайн» (design-build-test).

От электрических схем к генным сетям

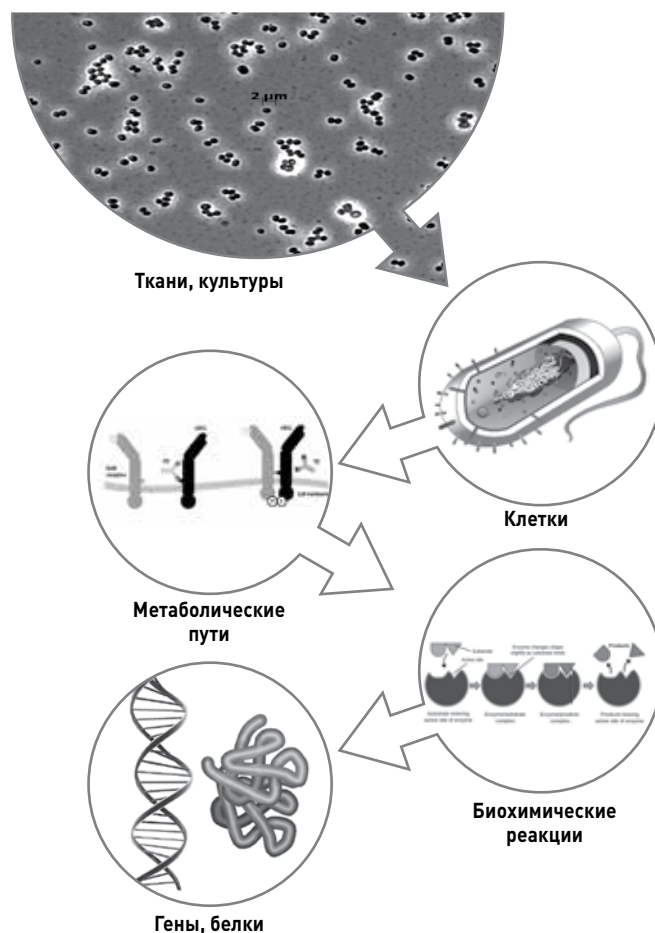
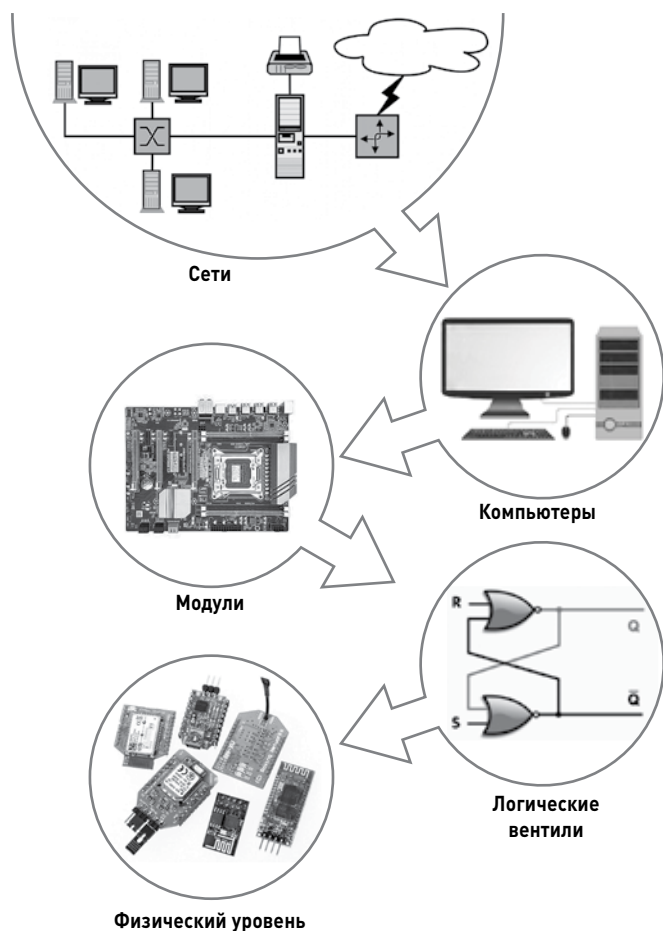
Поиск аналогий между электронными приборами и биологическими системами сильно повлиял на подходы и терминологию синтетической биологии. Аналогом понятия интегральной микросхемы (integrated circuit), главным образом как некоторого устройства, обрабатывающего электрические сигналы, стало понятие генетической схемы genetic circuit (также в русскоязычной литературе принят термин «регуляторный контур»). Так называют генетическую программу, которая инструктирует клетку однозначным образом обрабатывать

сигналы, такие как появление определенных молекул.

Для того чтобы биоинженеры могли создавать сложные системы, с высокой точностью исполняющие свои функции, нужны генетические программы, которые играли бы роль логических элементов, подобно транзисторам в электротехнике. Такие логические элементы можно создать, например, на основе известных систем регуляции экспрессии генов.

Вспомним знаменитую регуляторную систему кишечной палочки, описанную в 1961 году Франсуа Жакобом и Жаком Моно, — лактозный оперон, то есть совокупность совместно регулируемых генов, которые кодируют ферменты, обеспечивающие метаболизм углевода лактозы. Если в среде имеется глюкоза, бактерия предпочитает ее, а усвоением лактозы себя не затрудняет. Лактозный оперон включается только в том случае, когда в среде есть лактоза и нет глюкозы. Как это происходит? Молекула лактозы присоединяется к белку-репрессору, который связывается с участком ДНК перед кодирующими последовательностями генов и блокирует возможность их считывания; после этого репрессор отсоединяется от ДНК, а при снижении концентрации глюкозы приходит сигнал активации оперона. Короче говоря, лактозный оперон ведет себя как логический элемент: в зависимости от информации на входе принимает значения 0 (ферменты не синтезируются) либо 1 (ферменты синтезируются).

В конце 1990-х Джеймс Коллинз, Чарльз Кантор и Тим Гарднер стали создателями первого искусственного генетического триггера. (В электротехнике триггер — устройство, способное подолгу находиться в одном из двух устойчивых состояний и чередовать их под воздействием внешних сигналов, то есть ведет себя как лактозный оперон.) Триггер





Успехи и перспективы

Создание искусственного организма с искусственными генами — дело неблизкого будущего. Но уже сегодня подходы синтетической биологии хорошо показали себя в различных областях, от создания биокомпьютеров до управления дифференцировкой стволовых клеток.

Искусственный морфогенез. Потенциал применения человеческих индуцированных плюрипотентных стволовых клеток велик. Сегодня их главным образом используют в исследовательских целях, например для скрининга лекарственных препаратов. Однако их планируют применять также в клеточной терапии и создании искусственных органов. Перепрограммирование этих стволовых клеток в определенную клеточную линию — дорогостоящий и длительный процесс. Большинство протоколов предполагает обработку клеточных культур коктейлем из транскрипционных факторов, набор и время воздействия которых определяется экспериментально, и даже в случае успеха эффективность подобной процедуры невелика. Но есть альтернативный вариант — внедрить генетическую информацию о синтезе факторов транскрипции в стволовые клетки и тем самым перепрограммировать их. Например, с помощью РНК-сети, внедренной в стволовые клетки, были созданы инсулинсекретирующие клетки, подобные бета-клеткам поджелудочной железы (публикация 2016 года), — это путь к лечению диабета, альтернатива лекарствам и трансплантации поджелудочной железы.

Биосенсоры — устройства, которые быстро и с высокой точностью выявляют широкий спектр молекул, — используются при контроле производства пищевых продуктов, качества воды и проверки почвы на загрязнение и зачастую способны заменить целую лабораторию в полевых условиях. В прошлом году много писали о методе с забавным названием SHERLOCK и о других тестах на основе CRISPR. Как и редактирующие CRISPR-системы, они находят определенную последовательность в ДНК и затем генерируют сигнал, например, вызывают флуоресценцию, которую легко зарегистрировать (см. «Химию и жизнь», 2018, 7). Подобные тест-системы обнаруживают ничтожно малые концентрации патогена, выявляют различия в геномах пациентов или возбудителей заболевания.

Синтез лекарств. Малярия до сих пор остается одним из опаснейших заболеваний и ежегодно уносит десятки тысяч жизней. Китайский фармаколог Юю Ту в поисках противомалярийного препарата обратилась к средствам народной медицины. Ее поиски увенчались успехом и принесли ей Нобелевскую премию: был открыт артемизинин, выделенный из полыни однолетней (см. «Химию и жизнь», 2015, 11). Но возникла новая проблема: получение жизненно необходимого препарата зависело от того, вырастет полынь или нет. Альтернативу предложил Джей Кислинг, профессор химической инженерии и биоинженерии Калифорнийского университета в Беркли. Его команде удалось с нуля создать метаболический путь синтеза предшественника артемизинина в клетках дрожжей. Теперь у человечества есть дополнительный источник этого препарата, который может стать основным в случае необходимости.

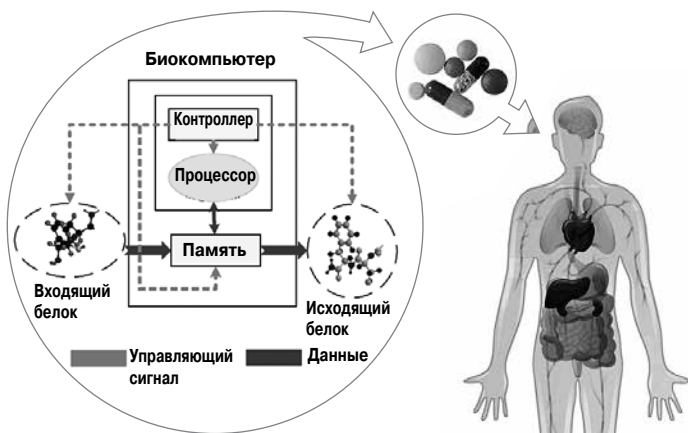
Исследователи, внесшие наибольший вклад в разработку противомалярийного препарата — артемизинина: Юю Ту и Джей Кислинг

Коллинза и Гарднера представлял собой систему из двух генов, А и В, подавляющих активность друг друга. Чуть позже Майкл Эловиц и Станислав Лейберг сконструировали первый биологический осциллятор, названный репрессилатором, — систему из трех генов, соединенных между собой механизмами обратной связи. Продукт первого гена подавляет действие второго, второй — третьего, третий — первого. Концентрации трех белков представляли собой гармонические колебания с заданными значениями амплитуды.

Идея создания биологических аналогов осциллятора и триггера пришла из электрической инженерии, однако за основу были взяты системы, существующие в природе. Основой для осциллятора стала генетическая конструкция, отвечающая за суточные ритмы у цианобактерий, а для триггера — генетическая система бактериофага лямбда, ответственная за вступление бактериофага в литический цикл (переход к размножению и уничтожению бактерии-хозяина).

Сегодня прогресс в синтетической биологии достиг такого уровня, что особо амбициозные исследователи вроде Крейга Вентера и его команды замахнулись на создание живых организмов *de novo* с полностью синтетическим геномом. Близится переход от копирования живой природы к сборке организма, в природе не существующего, из элементов «генетического конструктора». Однако создание сложных систем, принимающих на вход много сигналов, сопряжено с принципиальными проблемами. Например, из-за высокого уровня шума и сложности связей, объединяющих клеточные компоненты, предсказать поведение системы, состоящей из большого числа элементов, практически невозможно.

Одно из перспективных направлений, которые позволяют решить эту проблему, — системы на основе РНК-РНК взаимодействий. О регуляции с помощью РНК в живой природе, ее эффективности и гибкости мы в последние годы узнаем все больше. Использование малых РНК для передачи сигнала позволяет нивелировать задержки, типичные для систем, основанных на взаимодействии ДНК — белок, и повышает точность клеточных «вычислений». Другое немаловажное преимущество — возможность применения одних и тех же регуляторных элементов как в прокариотических, так и в эукариотических клетках. Самая большая на сегодняшний день генетическая конструкция, способная функционировать *in vivo*, создана из нескольких взаимосвязанных РНК-переключателей и принимает на вход 12 сигналов. Она была описана в 2018 году в журнале «Biochemistry» исследователями из Гарварда и Университета штата Аризона.



Так могли бы работать медицинские биокомпьютеры в человеческом организме: модуль памяти хранит информацию о перенесенных заболеваниях, вычислительный модуль по концентрациям определенных молекул (например, антигенов) оценивает состояние пациента и в случае необходимости сигнализирует о необходимости лечения.

Биокомпьютеры. В отличие от обыкновенных компьютеров, биокомпьютеры потребляют удивительно мало энергии. Уже созданы компьютеры на основе бактерий, выполняющие простейшие логические операции — сложение, умножение и вычитание. Существуют и ДНК-компьютеры, которые ведут вычисления вне клеток, прямо в пробирке (см. «Химию и жизнь», 2000, 6). Принцип работы таких систем основан на свойствах молекулы ДНК: в последовательности нуклеотидов закодирована информация, которую можно изменять с помощью ферментов. Возможно, такие биокомпьютеры будут встраивать в человеческий организм для детекции и лечения заболеваний.

Биотопливо. Биомасса — потенциальный источник возобновляемого топлива. Чтобы повысить содержание высокоэнергетических веществ в биомассе, микроорганизмы помещают в экстремальные условия: масла они вырабатывают в качестве защиты. Синтетическая биология предлагает другой способ — перепрограммировать метаболические пути и создать модифицированные штаммы, которые быстрее делятся и накапливают значительно больше богатых энергией соединений. Модифицировать можно кишечную палочку, хорошо изученную и прекрасно экспрессирующую чужеродные гены, либо одноклеточные водоросли, которые остаются одними из самых многообещающих продуцентов биотоплива, поскольку способны к фотосинтезу и для их роста требуется поразительно мало ресурсов.

Воскрешение мамонта? Проект знаменитого американского биохимика и генетика Джорджа Черча по «оживлению» мамонта — один из самых впечатляющих в области синтетической биологии. Черч планирует отредактировать эмбрион слона так, чтобы из него выросло существо хотя бы с некоторыми чертами мамонта (длинная густая шерсть, повышенное жиротложение на холке). Об этом проекте недавно было рассказано в документальном фильме «Генезис 2.0», который сняли совместно швейцарский и российский режиссеры — Кристиан Фрай и Максим Абугаев.

В заключение приведем известную фразу нобелевского лауреата и популяризатора науки Ричарда Фейнмана: «Что я не могу создать, то я не понимаю». Возможно, подлинное понимание устройства биологических систем будет достигнуто вместе с прогрессом в синтетической биологии, когда ученые смогут не только описывать биологические объекты как сторонние наблюдатели, но и создавать либо изменять их.

Таймлайн синтетической биологии

1912	Стефан Ледук ввел термин «синтетическая биология».
1961	Франсуа Жакоб и Жак Моно описывают регуляцию генов лактозного оперона — простейшего генетического регуляторного элемента.
1970—1980	Созданы основные методы генной инженерии.
1977	Аллан Максам и Уолтер Гилберт параллельно с Фредериком Сенгером изобрели первые способы секвенирования нуклеиновых кислот.
1983	Появилась первая база данных последовательностей ДНК «GenBank».
1990	Начало проекта «Геном человека».
1999	Тимоти Гарднер, Чарльз Кантор и Джеймс Коллинз создали первый искусственный генетический триггер в кишечной палочке.
2000	Майкл Эловитц и Станислас Лейблер создали искусственный генный осциллятор в бактерии.
2001	Рон Вейс и Том Найт создали первую генетическую сеть, включающую систему кворума (система коммуникации бактерий).
2003	Том Найт представил стандарт BioBrick.
2003	В Институте Крейга Вентера получили первый синтетический вирус — бактериофаг PhiX 174.
2003	Джей Кислинг создал первый искусственный метаболический путь (ряд последовательных химических реакций, катализируемых ферментами, цель которых — получение определенного вещества) в кишечной палочке.
2004	В Массачусетском технологическом институте состоялся первый конкурс iGEM (International Genetically Engineered Machine Competition) и первая конференция по синтетической биологии — SB1.0.
2004	Том Найт и Дрю Энди создали открытую коллекцию деталей для искусственных биологических систем (Registry of standard biological parts).
2005	Том Найт, Дрю Энди и Рэнди Реттберг основали BioBricks Foundation — общественную благотворительную организацию, поддерживающую открытое и этическое развитие биотехнологий по всему миру.
2008	Первый синтетический геном бактерии <i>Mycoplasma genitalium</i> JCVI-1.0.
2010—2016	В Институте Крейга Вентера созданы бактерии с сокращенными геномами, от JCVI-syn1.0 до JCVI-syn3.0.
2014	Синтезирована одна из 16 хромосом пекарских дрожжей <i>Saccharomyces cerevisiae</i> — первая синтетическая эукариотическая хромосома.
2014	В Институте Скриппса создали первую бактерию, использующую расширенный генетический код — шесть нуклеотидов вместо четырех (см. «Химию и жизнь», 2014, 7).





Операция «Орлиное гнездо», или Как мы не нашли обогащения

Кандидат биологических наук
Г.М. Виноградов

Результаты научных исследований, в том числе и исследований жизни в океане, бывают весьма интересны. «Ученые обнаружили…» — такие заголовки, хоть и затрепанные СМИ, по-прежнему привлекают внимание. Но не менее интересен бывает и сам процесс обнаружения (а порой и необнаружения) нового. Один такой эпизод я и хочу рассказать.



В МОРЕ И НА СУШЕ

В 70-х годах XX века простая истина, что вся жизнь в океане кормится за счет органического вещества, которое нафотосинтезировали планктонные водоросли в освещенном верхнем 200-метровом слое воды, перестала быть таковой. На дне океана были найдены горячие источники, выносящие в придонную воду множество разных веществ вроде метана и соединений серы. И на этих веществах развивались многочисленные хемосинтезирующие бактерии, создающие органику не за счет энергии света, а за счет энергии химических превращений. На бактерий, естественно, нашлись свои едоки, и в местах выхода термальных вод («черные курильщики» и не столь эффектные «холодные» высачивания)

Эуфаузииды, собравшиеся к светильнику ГОА на вершине гидротермального столба на глубине 734 м. Фото из сферы аппарата. Рисунок и фото автора

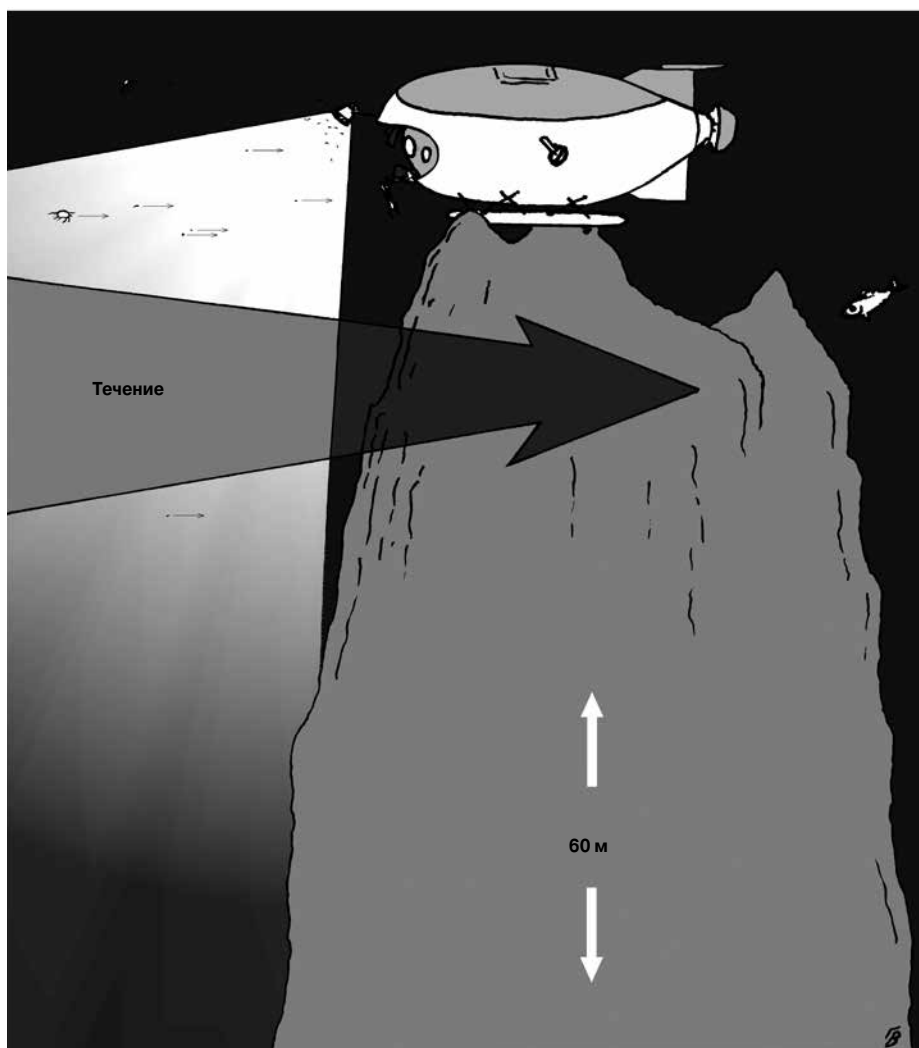


Схема наблюдения планктона в набегающем потоке воды при работе на столбах Лост-Сити (операция «Орлиное гнездо»)

возникали богатейшие гидротермальные экосистемы с потрясающим обилием организмов, причем возникали они в том числе и в беднейших глубоководных районах океана. (Подробнее про них я писал в № 1 «Химии и жизни» за этот год.)

Тогда появилась идея, что этот альтернативный источник органики может иметь большое значение в питании нижних «этажей» океана. Однако тут есть несколько «но». Во-первых, гидротермальные экосистемы привязаны ко вполне конкретным геологическим структурам (вроде срединно-океанических хребтов) и отнюдь не распространены по всему океанскому дну. Поля горячих источников — это все же булавочные уколы на карте. Во-вторых, похоже, «всё, что они там производят, они там же и потребляют»: потоки веществ в системах замкнуты сами на себя и наружу оно не больно-то разбазаривается.

Но все же некое локальное обогащение окружающей биоты там может случаться. В частности (только один аспект

проблемы!), следы такого обогащения, если оно распространяется не только по дну, но и в толщу воды, можно попытаться поискать по сгущению «обычного» океанского планктона вблизи дна в районах истечений — по увеличению числа планктонных животных в кубометре воды над гидротермами по сравнению с вышележащими слоями. Однако прицельный облов тонких придонных слоев классическими планктонными сетями в рифтовых долинах (в которых обычно и расположены «горячие» гидротермы) весьма и весьма сложен, а при вечном дефиците времени для заборных работ практически попросту нереален. Сложный рельеф, неожиданные течения, к тому же необходимо попасть точно в район небольшого гидротермального поля, спустив сеть на нескольких километрах троса...

И тут на помощь приходят наблюдения из подводных аппаратов, способных и выйти куда надо, и просмотреть нужные слои воды. Планктон при этом считают в «вырезанном» реперной рамкой объеме воды. Сами же планктонные организмы хорошо видны в лучах прожекторов подводного аппарата, как пылинки в луче света в темной комнате.

С точным определением встреченных организмов, конечно, возникают проблемы, но численность можно подсчитать довольно точно.

Такие подсчеты из глубоководных аппаратов «Мир» мы проводили над несколькими гидротермальными полями Атлантики и Тихого океана, но явного обогащения выявить не удалось. Иногда вроде бы наблюдалось увеличение в пригидротермальных слоях количества желетелых животных (медуз, гребневиков, сифонофор) и плавающих в своих слизистых домиках аппендикулярий — но все они обладают плавучестью, близкой к нейтральной, то есть в воде не тонут и не всплывают. В тех же слоях воды поднималась и концентрация «морского снега», мертвых органических хлопьев, возникающих при разложении всяких останков фито- и зоопланктона, фекалий и сброшенных домиков тех же аппендикулярий в столбе воды. «Морской снег» тоже обладает практически нейтральной плавучестью и медленно-медленно опускается ко дну. Уж он-то точно не может питаться гидротермальной органикой. И раз особенности местной гидрологии обеспечивали механическое скапливание здесь «морского снега», они же могли обеспечить и повышение концентрации обладающих сходной плавучестью желетелых. Вопрос оставался открытым (забегая вперед, скажу, что он и сейчас еще не закрыт).

И тут вроде бы подвалило.

Аккурат на сколе веков, 5 декабря 2000 года, на вершине горы Атлантис Срединно-Атлантического хребта (30°07.5' N; 42°07.2' W), американская экспедиция на научно-исследовательском судне «Атлантис» нашла новое гидротермальное поле — Лост-Сити. Геологически поле уникально. Во-первых, оно сидит на вершине горы, на глубине всего 800 м. Во-вторых, из-за особенностей быющего из дна раствора здесь нет «черных дымов», отлагающих сульфидные колонны. Вместо них формируются белые карбонатные башни, потрясающе вертикальные столбы до 60 (шестидесяти!) метров высотой, которые врезаются в проходящий над вершиной Атлантиса поток. При этом из-за своего высокого положения поле омывается не беднейшими глубинными водами, а вполне обитаемыми, и мимо башен Лост-Сити в большом количестве проносит пелагических креветок, хетогнат, сифонофор и прочую живность.

В 2002 году там работала наша экспедиция на научно-исследовательском судне «Академик Мстислав Келдыш». Во время спуска аппарата «Мир» обнаружилось, что вокруг башен вьются рои планктонных рачков (эуфаузиид и пелагических амфипод-гипериид), а

ловы планктонными сетями вроде бы тоже дали повышенную концентрацию планктона над вершиной Атлантики и расположенным на ней полем, о чем и опубликовали в 2003 году статью в журнале «Океанология». В 2003 году здесь, снова с «Келдыша», велась киносъемка научного популярного фильма Джеймса Камерона «Чужие из бездны», и на фрагментах подводных видеозаписей, показанных на борту, вновь можно было увидеть, как некие эуфаузииды в большом количестве роились у прожекторов работающих на Лост-Сити аппаратов.

В том же году американцы работали здесь с глубоководным аппаратом «Алвин» и тоже видели прибащенные рои пелагических рачков. То, что они их видят не первыми, им в голову не пришло, и они радостно оповестили мир, что поле Лост-Сити живое («Alive! Alive!» — так называлась публикация в блоге их экспедиции). Говорилось там, например, что возле башен вьются «мелкие креветкоподобные существа» (эуфаузииды), а также амфиподы, причем «некоторые амфиподы, обнаруженные на Лост-Сити, весьма отличаются от типичных». Последнее утверждение было проиллюстрировано снимком, на котором можно легко опознать гиперидиду рода *Primno*, одного из наиболее обычных родов планктонных амфипод Мирового океана. Надо сказать, что к моменту публикации своих данных в журнале «Science» в 2005 году они большинство таких багов исправили. Но это случилось позже, а в тот момент было важно, что они тоже видели здесь рои.

Казалось бы: вот оно, искомое обогащение! Радуйтесь, нашли! Но кое-что смущало. Смущало, что увеличение концентрации планктона показала единственная серия сетных ловов, а над вершиной горы, где течение рвется и завихряется, можно ожидать большой горизонтальной пятнистости в распределении планктонных животных, и кто знает, не вlepили ли мы сеть в богатое пятно. Смущало, что рачки, в массах наблюдавшиеся у дна, хорошо идут на свет, а аппараты там работают, естественно, с включенными прожекторами. Много чего смущало. И вот в 2005 году, в 50-м рейсе «Академика Мстислава Келдыша», нам удалось снова попасть на Лост-Сити.

Объем статьи ограничен, так что я не буду писать, как выяснилось, что та, старая сетная серия, похоже, пришлась именно на пятно побогаче. Как прикидывали, откуда у вершины могли взяться эуфаузииды с гиперидидами, если предположить, что они «левые», и оказалось, что в этом случае им взяться неоткуда, кроме как из набегающего на гору потока, тем более что глубины тут для них привычные. Но вроде нет

их столько в этом потоке. Значит — как бабочки, на фонари?

В том рейсе «Миры» у Лост-Сити трижды спускались, чтобы выполнить исследования по планктонной программе — просчитать планктон во всем столбе воды от начала темных слоев до дна. С работой у основания башен. Научными наблюдателями в них были А.Л. Верещака и ваш покорный слуга.

Из «отчета наблюдателя»: «При проходах ГОА (глубоководного обитаемого аппарата. — Примеч. ред.) вблизи дна неоднократно отмечались хетогнаты и планктонные рыбы, преимущественно циклотоны, реже — миктофиды и топорики (*Sternoptychidae*), а также мелкие мизиды и пелагические креветки. Были обильны эуфаузииды, однако точное их количество определить затруднительно, так как рачки активно собирались на свет ГОА и роились вокруг прожекторов».

Отдельно мы подсчитывали планктон в набегающей воде. Я уже говорил, что Лост-Сити украшено 60-метровыми карбонатными башнями, лучшими местами для наблюдения за потоком. ...И вот аппарат выходит к самой здоровой из них и начинает всплывать вдоль отвесной стены. Долго всплывает. Свежие снежно-белые и старые грязно-белые участки колонны скользят перед иллюминатором, сидящий в расщелине здоровенный краб машет клешней... Вершина. Небольшая, с маленькую комнату, площадка, окруженная тремя тупыми зубцами. В центре мутными клубами поднимается прозрачный, опалесцирующий в свете прожекторов флюид (гидротермальный раствор из источника). Аппарат выворачивает носом навстречу течению и подходит к обрыву. Центральный иллюминатор в сфере ориентирован немного вниз, видно, как край башни уходит «из-под ног» и теряется в темноте. Сбоку вьется здешний хозяин — полутораметровый каменный окунь. Аппарат принимает немного воды и, как орел в гнездо, опускается на вершину столба...

Из «отчета наблюдателя»: «Специальные наблюдения, проведенные при работе ГОА на вершине ~60-метровой башни с меткой «Ехотар-12», подтвердили, что эуфаузииды рода *Nematoscelsis* не держатся у дна и построек постоянно, а проносятся мимо них течением из внешней толщи воды. Через некоторое время после того, как аппарат сел на вершину постройки, был погашен весь свет как вне, так и внутри аппарата. Через 10 минут свет был зажжен вновь, и оказалось, что все кружившиеся возле аппарата планктеры за это время были унесены набегающим течением, у иллюминаторов было пусто. Затем течение периодически приносило эуфаузиид и гиперидид, которые не уплывали дальше,



В МОРЕ И НА СУШЕ

а активно плыли к светильникам аппарата и постепенно образовывали новый рой. Таким образом, задерживаясь у светильников ГОА, рачки постепенно накапливаются в поле зрения наблюдателя, что и создает видимость присутствия «придонных роев».

Кроме эуфаузиид, в состав наблюдавшихся роев входили (в меньшем количестве) гиперидиды *Platyscelus ovooides* (свободно плававшие в воде, преимущественно спиной вниз) и *Primno*, а также мальки рыб-топориков *Sternoptychidae*, все — обычные представители фауны столба воды на этих и меньших глубинах, обнаруженные и в сетных ловах, и в столбе воды при спусках ГОА. А вот многочисленные в 2002 году *Paraphronima crassipes* встречены не были.

Для уточнения визуальных определений выходящий у светильников рой был обловлен слэп-ганом (всасывающее устройство, немного напоминающее по принципу работы пылесос. — Примеч. авт.). В пробе оказались многочисленные эуфаузииды и гиперидиды *Primno*. Гиперидид-платисцелид слэп-ганом поймано не было, но два экз. *Platyscelus ovooides*, привлеченных светом аппарата, попали в контейнеры для геологических образцов, отбравшихся на вершине этого же столба в текущем и в предыдущем погружениях ГОА».

Короче, не было там никакого пригидротермального обогащения. А был артефакт: непрерывно наносимые потоком и изначально даже не очень и многочисленные обычные планктонные рачки «открытой воды» цеплялись за свет аппарата и начинали виться вокруг и таскаться за ним по полю, создавая роскошную иллюзию густых придонных роев. Такие дела. Отрицательный результат — тоже результат. Остался вопрос открытым...





Африканскими тропами Гумилёва

Кандидат биологических наук

Н.В. Вехов

Интересуясь историей русских путешествий, я обнаружил незнакомый большинству соотечественников материал об африканских экспедициях Николая Степановича Гумилева (1886–1921) — поэта Серебряного века, создателя школы акмеизма, прозаика, переводчика и литературного критика. Чуть больше ста лет назад состоялась первая экспедиция Гумилева в Африку, а потом было еще несколько путешествий. Он оказался первым в России, кто рассказал об охотах на диких зверей, обычаях и фольклоре восточноафриканских народов, привез огромные этнографические коллекции.

Поэт и негус

Николай Гумилев с детства бредил Африкой, особенно Абиссинией (ныне эта страна называется Эфиопией). Читал об экспедициях А.К. Булатовича и Н.С. Леонтьева, о подвигах русских офицеров-добровольцев, принимавших участие в итало-абиссинской войне. Личности были и впрямь легендарные. А.К. Булатович — первый европеец, который пересек из конца в конец Каффу, родину кофе, и впоследствии составил ее первое научное описание. В России миссия Булатовича была высоко оценена: за работы по Эфиопии (1899) он получил серебряную медаль Императорского Русского географического общества. Ему также было присвоено звание поручика лейб-гвардии Гусарского полка. Н.С. Леонтьев участвовал в итало-абиссинской войне на стороне местного населения, был советником негуса (императора Эфиопии) Менелика II и исследователем края. За свои африканские походы он был принят в Географическое общество.

Решение о поездке в Африку было принято после очередного отказа в ответ на предложение руки и сердца от Анны Горенко (в будущем — Ахматовой). Гумилеву был тогда двадцать один год. Отец сказал, что не даст ему ни денег, ни благословения на опасное и безрассудное путешествие, но молодой человек сумел сэкономить некоторые средства из родительской «стипендии», присылаемой ему, пока он учился в парижской Сорбонне.

Жираф. Рисунок Николая Гумилева



Обстоятельства и подробности его первого вояжа в Абиссинию весьма туманны. Известно лишь, что 25 сентября он отправился в Одессу, оттуда — в Джибути, затем в Абиссинию. Плыть пришлось почти на нелегальном положении, ночевать в трюме парохода, его даже арестовали за попытку попасть зайцем на судно. Но известно, что Гумилев побывал в Аддис-Абебе на парадном приеме у негуса Менелика II. Как это произошло, чем молодой поэт заинтересовал пожилого уже императора, одного из самых знаменитых эфиопских правителей, — остается загадкой, которую не могут решить ни историки, ни биографы поэта. В одной из своих статей, «Умер ли Менелик?», поэт рассказывал о смутах при эфиопском дворе. (Предполагается, что Менелик скончался 12–13 декабря 1913 года. Но перед смертью он долго болел, и официально о его кончине так и не было объявлено — по мнению приближенных, надежда на то, что государь жив, удерживала народ от беспорядков.) В этой статье Гумилев выказал удивительную осведомленность обо всем, что происходило при дворе великого негуса.

Второе африканское путешествие Гумилева (1908) оказалось менее масштабным, о нем известно совсем немного. Октябрь застал его в Египте, откуда он писал Валерию Брюсову (2/15 октября 1908 г.): «...Я не мог не вспомнить Вас, находясь "близ медлительного Нила, там, где озеро Мерида в царстве пламенного Ра". Но увя! Мне не удастся поехать в глубь страны, как я мечтал. Посмотрю Сфинкса, полежу на камнях Мемфиса, а потом поеду не знаю куда, но только не в Рим. Может быть, в Палестину или Малую Азию. Адреса у меня нет. Когда будет, тотчас сообщу». Исследователи творчества поэта пишут, что его впечатления о первых двух поездках в Африку нашли отражение в стихотворениях «Гиена», «Носорог», «Жираф» и «Озеро Чад» из сборника «Романтические цветы» (Париж, 1908).

«Никто не имел терпенья выслушать мои приключения до конца...»

В декабре 1909 года Н.С. Гумилев в третий раз отправляется в африканское путешествие. Но денег снова оказалось мало, он был готов даже наняться рабочим на строительство железной дороги из Джибути в Аддис-Абебу, лишь бы добраться до Абиссинии. К огромному сожалению, Николай Степанович, как и многие непрофессиональные путешественники, не вел дневника, а ведь путешествие изобиловало интересными встречами и эпизодами. Впечатления о них, да и то отдельные, отрывочные, можно почерпнуть лишь из его писем. «Здесь уже настоящая Африка. Жара, голые негры, ручные обезьяны». (Из письма поэту Вячеславу Иванову из Джибути 23 декабря 1909 г. / 5 января 1910 г.)



Уличная сцена в Джибути. Здесь и далее фотографии из экспедиций Гумилева. Музей антропологии и этнографии (Кунсткамера) РАН

В поисках леопардов Гумилеву приходилось по 8–10 и более часов ехать по пустыне на осле. Одежда путешественника постепенно превращалась в лохмотья, потому что вокруг росли густые чащи колючих мимоз, кожа обгорела и стала медно-красного цвета, а левый глаз воспалился от яркого солнца. Во время поисков его мул вдруг оступился на горном перевале, завалился набок и придавил Гумилева. Он не спал ночью, карауля леопардов. Было тяжело, но его ничто не могло остановить. «Мне кажется, что мне снятся одновременно два сна: один неприятный и тяжелый для тела, другой восхитительный для глаз. Я стараюсь думать только о последнем и забываю о первом... я доволен своей поездкой. Она меня пьянит, как вино» (Из письма В.Я. Брюсову, из Харара, январь 1910 г. — сейчас это город Харэр в Эфиопии, в 500 км к востоку от столицы Аддис-Абебы, центр региона Харари). Но как ни старался Николай Степанович попасть в глубь загадочной Абиссинии, на этот раз ему не повезло. Он полностью зависел от отношения к себе местного правителя (в то время им был деджазмач Балча, правитель Харара), ставленника императрицы, принцессы Таиту, известной недоброжелательницы России.

Рассчитывать на содействие со стороны местных властей русскому подданному не приходилось, в лучшем случае его снисходительно терпели, но облегчать ему существование никто не собирался. Замечу, что несколькими годами позже Гумилеву все-таки удалось поучаствовать в охоте на леопарда и добыть зверя.

В 1910 году — новое путешествие, пять месяцев странствий по Восточной Африке. Документальных отражений маршрута Гумилева нет — не ведя дневника, все впечатления он держал в голове. Известно лишь, что из Одессы уже знакомым ему путем Николай Степанович попал в Порт-Саид, а оттуда — в Джибути. Два месяца Гумилев прожил в Аддис-Абебе и Джибути, оттуда с караваном попал в экзотическую Момбасу, город, расположенный на коралловом острове в Индийском океане и соединенный с материком дамбой и мостом (сейчас Момбаса принадлежит Кении).

В начале XX века здесь находилось управление Имперской британской восточноафриканской компанией. Это был главный порт Восточноафриканского протектората, а затем — колонии Кении. В 1897–1901 г. в период интенсивного освоения плодородных внутренних земель, англичане построили железную дорогу, соединившую Момбасу, столицу современной Кении Найроби и озеро Виктория. Находится Момбаса за экватором, в Южном полушарии — это уже настоящая черная Африка, и понятно было стремление Гумилева попасть именно туда.

В марте следующего года он возвратился в Россию. Был весел, вдохновен, часто повторял: «Мы видели горы, лес и воды, мы спали в кибитках чужих равнин». Эта поездка не прошла даром для начинающего этнографа: где-то на просторах Абиссинии Гумилев подхватил болотную лихорадку. Почти полтора года он боролся с болезнью, писал стихи, перерабатывал свои африканские впечатления и обдумывал план новой экспедиции.

Не оставив никаких путевых дневниковых записей об этом путешествии, Гумилев «зашифровал» их в своих стихотворениях, вошедших в его последний прижизненный сборник «Шатер» (1921). Удивительно, что хотя в стихотворениях «Шатра» присутствуют подлинные реалии его африканских путешествий, современники пренебрегали ими, считая фантазиями поэта. А Гумилев, воодушевленный всем увиденным в Экваториальной Африке, да и по пути туда — в Константинополе, в Египте и других местах, — уже задумал грандиозный проект: на основе «Шатра», который по его мнению, должен был стать первой частью грандиозного «учебника географии в стихах», планировал описать в рифму всю обитаемую сушу. Мечты так и остались неосуществленными.

Собранный в поездке этнографический материал Гумилев преподнес читателям в виде большой статьи, посвященной фольклору восточноафриканских племен и опубликованной в № 18 «Синего журнала», где целый разворот озаглавили «Искусство в Абиссинии». Во вводной статье к этому номеру журнала сказано, что «вернувшийся из путешествия по Абиссинии молодой поэт Н. Гумилев привез редкую коллекцию картин абиссинских художников и предоставил последнюю нам, для воспроизведения на страницах «Синего журнала»».

Гумилев полагал, что привезенные им материалы должны заинтересовать россиян. Пятого апреля 1911 года он сделал большой доклад перед коллегами по цеху, в редакции журнала «Аполлон». Но литераторы приняли его холодно. К примеру, К.И. Чуковский расценил выступление Гумилева, как «голую изысканность, — без ума, чувства действительности, без наблюдательности». А поэт и прозаик Серебряного века, переводчик и композитор М.А. Кузмин в своем дневнике отметил, что «доклад был туповат, но интересный». Пожалуй, наиболее полно и относительно объективно об этом докладе вспоминал лишь друг Гумилева, русский поэт, писатель, переводчик и литературовед А.А. Кондратьев. «Помню состоявшийся в редакции «Аполлона» доклад Гумилева об одном из его путешествий в Абиссинию и о художниках этой страны. Самая большая из комнат редакции была заставлена привезенною им с собою большою коллекцией картин темнокожих маэстро (по преимуществу на библейские темы). Николай Степанович рассказывал тогда и об охотах своих на африканских зверей, о неудачном подкарауливании льва, о



Рынок в Хараре. 1913 год

встрече с буйволом, высоко подбросившим поэта в колючие кусты, о столкновениях с разбойничьим племенем адалей и тому подобных интересных вещах. Рассказывал Гумилев о своих охотничьих подвигах очень скромно, без всяких прикрас, видимо, более всего боясь походить на Тартарена. Тем не менее друзья-поэты изобразили его похождения в нескольких юмористических стихотворениях».

По прошествии нескольких лет после африканских странствий Гумилев с сожалением писал, что ему «досадно за Африку. Когда полтора года тому назад я вернулся из страны Галла, никто не имел терпенья выслушать мои впечатления и приключения до конца» будто бы «я выдумал один и для себя одного ржанье зебр ночью, переправу через крокодилы реки, ссоры и примиренья с медведеобразными вождями посреди пустыни».

Этнографическая экспедиция

Гумилев не сдавался, и к 1912 году у него созрел план: пройти пустыню между Абиссинией и Красным морем, исследовать местные племена, которые можно попытаться объединить и



Гумилев (слева) у палатки во время экспедиции



Спутник Н.С. Гумилёва по африканским путешествиям Н.Л. Сверчков

цивилизовать. Вот что он писал в своем «Африканском дневнике»: «У меня есть мечта, живучая при всей трудности ее выполнения. Пройти с юга на север Данакильскую пустыню, лежащую между Абиссинией и Красным морем, исследовать нижнее течение реки Гаваша, узнать рассеянные там неизвестные загадочные племена. Номинально они находятся под властью абиссинского правительства, фактически свободны. И так как все они принадлежат к одному племени данакилей, довольно способному, хотя очень свирепому, их можно объединить и, найдя выход к морю, цивилизовать или, по крайней мере, арабизировать».

Он пытался заинтересовать Академию наук, но встреча с «академиками», «точно только что соскочившими со страниц романа Жюль Верна», опечалила Гумилева: они отвергли его проект, сославшись на дороговизну. А через пять месяцев Николая Степановича все же пригласили в Музей антропологии и этнографии при Императорской Академии наук, там после некоторых обсуждений ученые пришли к мнению, что экспедицию нужно одобрить, несколько изменив маршрут, и выделили необходимые финансы и оборудование.

Причина, по которой ученые обратили внимание на дилетанта — любителя Африки, следующая. В апреле–августе 1913 года Музей антропологии и этнографии Академии наук добился государственных дотаций на дальние экспедиции. Целиком финансировать экспедицию музей все равно не мог, но оказать материальную поддержку был уже в состоянии. Поэт и конкистадор Николай Гумилев не имел ни этнографического образования, ни опыта этнографической работы, но профессиональных этнографов-африканистов в России тогда не было вообще. А Гумилев уже знал Восточную Африку, сам мечтал о путешествии, его не пугали опасности и трудности. Директору музея академику В.В. Радлову и ученому хранителю музея Л.Я. Штернбергу он показался подходящей кандидатурой.

Тогда же был утвержден новый маршрут: изучение восточной и южной частей Абиссинии и западной части Сомали. Цель путешествия — сделать снимки, собрать этнографические и зоологические коллекции, записать песни и легенды. На всю поездку Музей антропологии и этнографии выделил только тысячу рублей и обеспечил бесплатный проезд экспедиции до Джибути и обратно. По плану путешественники должны были отправиться в порт Джибути в Баб-эль-Мандебском проливе, отсюда по железной дороге к Харару, потом, составив караван, на юг, в область между Сомалийским полуостровом и озерами Рудольфа, Маргариты, Звай; захватить возможно больший район исследования.



Гумилев записывает легенды и песни абиссинцев



В экспедицию на восток Африки Гумилев взял с собой племянника, Н.Л. Сверчкова, «молодого человека, любящего охоту и естественные науки. Он отличался настолько покладистым характером, что уже из-за одного желания сохранить мир пошел бы на всевозможные лишения и опасности». Лучшего спутника нельзя было найти.

Пещера грешника

Десятого апреля 1913 года они вышли из Одессы на пароходе Добровольного флота «Тамбов», который взял курс сначала на Константинополь, а оттуда — на Порт-Саид, стоящий у входа в Суэцкий канал. На западном, африканском берегу его были разбросаны дома европейцев, перемежающиеся с зарослями искривленных мимоз с «подозрительно темной, словно после пожара, зеленью, низкорослые толстые банановые пальмы». Совсем иным выглядел восточный, азиатский берег — волны песка, пепельно-рыжего, раскаленного. Видны были тени от проходящих верблюжьих караванов, откуда до парохода доносилось позвякивание колокольчиков. «Изредка показывается какой-нибудь зверь, собака, может быть, гиена или шакал, смотрит с сомнением и убегает. Большие белые птицы кружат над водой или садятся отдыхать на камни. Кое-где полуголые арабы, дервиши или так бедняки, которым не нашлось места в городах, сидят у самой воды и смотрят в нее, не отрываясь, будто колдуют».

Исходным пунктом экспедиции стал порт Джибути, отсюда путешественники отправились в глубь страны по железной дороге. «Узкие насыпи железных дорог каждое лето размываются тропическими ливнями, слоны любят почесывать свои бока о гладкую поверхность телеграфных столбов и, конечно, ломают их, гиппопотамы опрокидывают речные пароходы». Через 260 километров поезд остановился: дожди размывали путь. Большая часть пассажиров вернулась назад, но Гумилев, Сверчков и сопровождавший их турецкий консул Мозар-бей выпросили у рабочих дрезину и проехали на ней еще 80 километров. На размытых участках пути рельсы буквально висели над промоинами. Вид из окна поезда был «унылый, но не лишенный величественности. Пустыня коричневая и грубая, выветрившаяся, всё в трещинах и провалах и, так как был сезон дождей, мутные потоки и целые озера грязной воды. Из куста выбегает диг-диг, маленькая абиссинская газель, пара шакалов, они всегда ходят парами, смотрят с любопытством. Сомалийцы и данакилы с громадной всклокоченной шевелюрой стоят, опираясь на копыя. <...> На маленьких станциях голые черные ребяташки протягивали к нам ручонки и заунывно, как какую-нибудь песню, тянули самое популярное на всем Востоке слово: бакшиш (подарок)».

Так они добрались до одного из пунктов своего маршрута, до города Дире-Дауа, где наняли переводчика и нескольких проводников-охотников. Оттуда с караваном русские путешественники отправились в Харар. «Сейчас же за городом начинаются горы, где стада павианов обгрызают молочаи и летают птицы с громадными красными носами».



Абиссинская церковь и строящаяся колокольня в Хараре



Аба-Муда, наместник святого Шейх-Гуссейна

Экспедиция подошла к древнему городу Харару неделю спустя. Вот как об этом событии писал сам Гумилев: «И когда, наконец, полузадохшиеся и изнеможенные, мы взошли на последний кряж, нам сверкнула в глаза так давно невиданная спокойная вода, словно серебряный щит — горное озеро Адели. Я посмотрел на часы: подъем длился полтора часа. Мы были на Харрарском плоскогорье. Местность резко изменилась. Вместо мимоз зеленели банановые пальмы и изгороди молочаев; вместо дикой травы — старательно возделанные поля дурро».

В городе Гумилев не без осложнений купил мулов, там же познакомился с губернатором Харара расом Тэфэри. (В 1930 г. этот человек под именем Хайле Селассие I станет последним императором Эфиопии.) В Хараре Гумилев начал собирать свою этнографическую коллекцию, ставшую впоследствии знаменитой.

Из Харара его дальнейший путь лежал через малоизученные земли эфиопской народности галла в селение Шейх-Гуссейн. По пути пришлось переправляться через быструю реку Уаби, где Николая Сверчкова чуть не утащил крокодил. Вскоре начались проблемы с провизией, Гумилев вынужден был охотиться для добычи пропитания. Зато когда они оказались в Шейх-Гуссейне, вождь и духовный наставник селения Аба-Муда прислал экспедиции провизию и тепло принял путешественников. Гумилеву показали гробницу святого Шейх-Гуссейна, в честь которого и был назван город. Близ города находилась пещера, из которой, по преданию, не мог выбраться ни один грешник: «Надо было раздеться <...> и пролезть между камней в очень узкий проход. Если кто застревал — он умирал в страшных мучениях: никто не смел протянуть ему руку, никто не смел подать ему кусок хлеба или чашку воды». Гумилев пролез туда и благополучно вернулся. Пополнив коллекцию и набрав в Гинире воды, путешественники пошли на запад, в тяжелейший путь к деревне Матакуа.

Охота на леопарда

В этой экспедиции Гумилев часто охотился на диких животных. Мало кто знает, каким удачливым и упорным охотником он был. В области Абиссинского плато, где оно плавно переходит в низменность, а «раскаленное солнце пустыни нагревает большие круглые камни, пещеры и низкий кустарник, можно часто встретить леопарда. <...> Изящный, пестрый, с тысячей уловок и капризов, он играет в жизни поселян роль какого-то блистательного и враждебного домового. Он крадет их скот, иногда и ребят». Леопарда особенно почитали молодые воины, старавшиеся «подражать ему в легкости прыжка». По-



Вид на Порт-Саид

этому время от времени находился какой-нибудь смельчак, который отваживался пойти на леопарда. Хорошо, если ему удавалось принести «торжественно к соседнему торговцу атласистую с затейливым узором шкуру, чтобы выменять ее на бутылку скверного коньяку. На месте убитого зверя поселяется новый, и все начинается сначала».

Наслушавшись рассказов об охоте на леопарда, Гумилев захотел попробовать сам добыть зверя. Однажды, оказавшись в маленькой сомалийской деревушке, приютившейся на самом краю Харрарской возвышенности, он стал расспрашивать одного из местных жителей о леопарде и узнал, что зверь бродил полчаса тому назад на склоне соседнего холма. Охотник отправился туда. Найдя подходящее место — склон с выцветшей травой, с мелким колючим кустарником, и привязав на открытом месте козленка, которого ему подарили в деревне, он засел в кустах шагах в пятнадцать от приманки, а рядом улегся на землю харрарит-проводник с копьем. Проводник всю хвастался своей храбростью, заявлял, что это будет восьмой леопард, которого он убьет.

«Я вдруг заметил, как зашевелился дальний куст, покачнулся камень, и увидел приближающегося пестрого зверя, величиною с охотничью собаку. Он бежал на подогнутых лапах, припадая брюхом к земле и слегка махая кончиком хвоста, а тупая кошачья морда была неподвижна и угрожающа. У него был такой знакомый по книгам и картинкам вид, что в первое мгновение мне пришла в голову несообразная мысль, не бежал ли он из какого-нибудь странствующего цирка? Потом сразу забило сердце, тело выпрямилось само собой, и, едва поймав мушку, я выстрелил. Леопард подпрыгнул аршина на полтора и грузно упал на бок». Когда же Гумилев обернулся к проводнику, то не увидел его. Храбрец со всех ног бежал к деревне и, как выяснилось чуть позже, всполошил там всех рассказом о смерти белого человека.

Гумилев благополучно возвратился в Харар и в середине августа уже был в Джибути, но из-за финансовых трудностей застрял здесь на три недели. В Россию он вернулся

1 сентября, доставив в Музей антропологии и этнографии богатейшую коллекцию, которая принадлежит к числу самых ранних больших собраний, привезенных российскими путешественниками. Теперь он считался одним из крупнейших исследователей Африки того времени.

Значение проделанной работы для науки высоко оценил известный ученый-африканист, академик Д.А. Ольдерогге, в то время секретарь Академии наук. В отчете о работе историко-филологического отделения Императорской Академии наук за 1913 год он писал: «Интересна <...> коллекция в 128 предметов, собранная в Восточной Африке (Харарское плоскогорье и северо-западная часть Сомалийского полуострова) командированным туда г. Н.С. Гумилевым. Племя сомали было до сих пор представлено в музее лишь несколькими предметами; доставленные г. Гумилевым 48 сомалийских предметов дополняют картину быта этого племени. Совершенно не были до сих пор представлены харари, по быту которых в коллекции г. Гумилева имеется 46 предметов. Остальная часть собрания пополняет прежние коллекции музея по быту и культуре галла в Абиссинии».

Привезенные Гумилевым экспонаты легли в основу африканского фонда Музея антропологии и этнографии. Николай Степанович планировал еще несколько экспедиций в Африку, но в августе 1914 года началась Первая мировая война и нарушила его планы. А после 1917 года о новых экспедициях не могло быть и речи.

Литература

- И. Попов. Африканская миссия Николая Гумилева. «Живописная Россия», 2016, 4, с. 42–46.
В.А. Полушин. «Николай Гумилев: жизнь расстрелянного поэта». Серия «Жизнь замечательных людей». М.: Молодая гвардия, 2006.
П. Фокин. «Гумилев без глянца». М.: «Амфора», 2009.
Н.С. Гумилев. Полное собрание сочинений. М.: Воскресенье, 2007.

Артроспира по имени Спирулина

Натуральные продукты становятся все дороже, и многим людям не хватает витаминов и необходимых минералов. Поэтому-то большой популярностью пользуются добавки для здорового питания. Одна из таких добавок — спирулина. В последние три десятилетия ее глотают миллионы людей более чем в 60 странах мира. Мы уже рассказывали о питательных свойствах спирулины (см. «Химию и жизнь» 2017, 5), а теперь поговорим об оздоравливающих.

Спирулину называют синезеленой водорослью, однако на самом деле это фотосинтезирующие цианобактерии. Они живут в воде, их клетки соединяются в спиральные цепочки и выглядят как длинные ярко-зеленые нити. Похоже на водоросль, хотя и не она. Но главную путаницу вызывает то обстоятельство, что бактерии, продающиеся под коммерческим названием «Спирулина», на самом деле относятся к роду *Arthrospira*. Еще в конце XIX века специалисты различали два рода, *Arthrospira* и *Spirulina*. Однако в 1932 году австрийский исследователь синезеленых водорослей Лотар Гейтлер (1899–1990) объединил два рода в один, *Spirulina*. Важнейшие пищевые виды, *Arthrospira platensis* и *A. maxima*, стали называть *S. platensis* и *S. maxima*. Многочисленные исследования, проведенные в последние два десятка лет, показали, что родов все-таки два. Таксономическая справедливость была восстановлена, а путаница осталась. Высушенную биомассу обоих видов цианобактерий по-прежнему называют спирулиной, и мы будем следовать этой традиции.

Цианобактерии рода *Arthrospira* любят свет, тепло и щелочную среду, поэтому растут они в содовых озерах тропиков и субтропиков. Люди, живущие рядом с такими водоемами, оценили пищевые достоинства артроспиры. Ацтеки с XIV века собирали синезеленые водоросли в озере Тескоко. О плантациях спирулины упоминают испанские колонизаторы. Потом озеро засыпали, и промысел угас. Возродился он в 1970-х, именно в Мексике началось промышленное разведение спирулины (в Новом Свете растет *A. maxima*).

В Азии и Африке собирают *A. platensis*. Мировой лидер в производстве спирулины — Китай, бактерии черпают из вод озера Чэнхай на юго-западе страны. А в Африке люди народности канембу веками собирают спирулину в содовых водоемах вокруг озера Чад. Из бактерий получают спрессованную массу под названием диэ. В конце 1960-х годов исследователи определили ее химический состав, а к началу 1980-х уже выделили основные компоненты, обладающие биологически-активными свойствами.

Прежде всего обращает на себя внимание обилие белков, они составляют 77% сухой биомассы артроспиры. Белки содержат все 20 аминокислот, больше всего в них лейцина, валина и изолейцина. Серосодержащих аминокислот цистеина и метионина относительно немного, но все равно больше, чем в злаковых или овощах. У спирулины мягкие клеточные стенки, состоящие из мукополисахаридов. Они почти полностью перевариваются в кишечнике, потому и белки усваиваются легко. Даже маленькие дети могут есть спирулину без вреда для себя.

Спирулина богата многими макро- и микроэлементами: калием, цинком, кальцием, магнием, селеном, марганцем, фосфором и железом. Железо из спирулины усваивается в два раза лучше, чем из овощей и даже мяса. Причина этого феномена пока не вполне ясна. Возможно, усвоение железа облегчает фикоцианин. Этот комплекс белка и синего пигмента содержит элементы порфирина, который образует комплексы с ионами



железа (гем). Железо в составе гема всасывается в кишечнике значительно лучше, чем свободное. Спирулина — великолепный источник железа, она помогает бороться с анемией и улучшает показатели крови.

На долю фикоцианина приходится примерно пятая часть всех белков микроводоросли. Его считают антиоксидантом, который поддерживает функции печени и смягчает воспаление. Порфирин входит и в состав хлорофилла, которого в спирулине очень много. Хлорофилл поддерживает перистальтику кишечника, нормализует секрецию пищеварительных кислот, снижает секрецию пепсина и обладает противовоспалительными свойствами.

В клетках есть каротиноиды, 80% из которых приходится на бета-каротин и криптоксантин — предшественники витамина А. Поэтому добавки со спирулиной полезны при дефиците этого витамина. Хотя разумнее получать каротиноиды из желтых овощей.

В числе биологически активных соединений называют также спирулан кальция — комплекс полисахаридов с кальцием и сульфатом, который подавляет размножение многих вирусов в клеточных культурах, в том числе вирусов простого герпеса первого и второго типа, гриппа А, цитомегаловируса человека, кори, свинки и даже ВИЧ-1. Возможно, спирулан кальция не позволяет вирусам проникать в клетки хозяина. Еще один полисахарид, иммулина — иммуностимулятор. Гамма-линоленовая кислота контролирует уровень холестерина в крови и защищает сердечно-сосудистую систему. Соединения, выделенные из спирулины, подавляют рост возбудителя пневмонии и тяжелой инфекции *Klebsiella pneumoniae*.

В общем, каждый находит себе в этой микроводоросли то, что захочет. Антиоксидантные, противовоспалительные, иммуномодулирующие и даже противоопухолевые свойства ее соединений, а также экстрактов проверены преимущественно в пробирках, на клеточных культурах и на животных. Нас же интересуют результаты клинических исследований.

Таких исследований, проведенных по всем правилам, набралось пока 25. Они показывают, что спирулина снижает уровень триглицеридов и глюкозы в крови, поэтому полезна при диабете и сердечно-сосудистых заболеваниях. Помогает при гипертонии, защищает мышцы от окислительного стресса и усталости при физических упражнениях, смягчает воспаление, исцеляет аллергический ринит. Вирусные инфекции спирулина не лечит, хотя улучшает общее состояние больных СПИДом и хроническим вирусным гепатитом С.

При злокачественных опухолях *Arthrospira* тоже не поможет. Однако она оказалась полезна пациентам с лейкоплакией. Это предраковое заболевание развивается у людей, жующих табак. Слизистая оболочка полости рта у них воспаляется и постепенно ороговевает. Исследование проводили в Индии, после 12-месячного курса 20 пациентов из 24-х полностью излечились, но девять потом снова заболели. А те, кто жует бетель, заболевают подслизистым фиброзом полости рта. Больному все труднее



ПАНАЦЕЙКА

открывать рот, в итоге он вообще этого сделать не может. Прием спирулины значительно облегчает состояние страдающих любителей бетеля.

Спирулину рекламируют как средство, позволяющее сбросить вес. В нескольких случаях пациенты действительно похудели, в других вес остался без изменения. Так что это свойство под вопросом, как и многие другие. Каждой проблеме посвящено всего от двух до четырех клинических исследований, поэтому целебные свойства спирулины нуждаются в подтверждении.

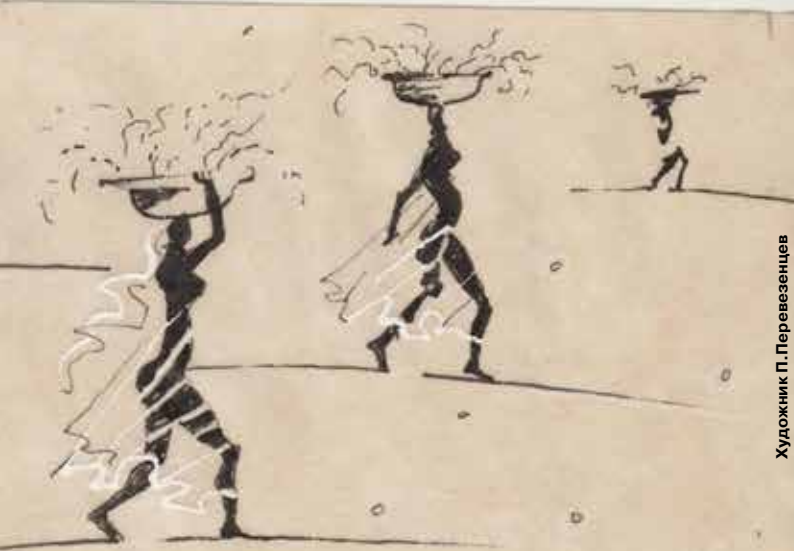
Спирулина эффективна, когда ее пьют в больших количествах, от 0,5 до 20 г в день, в течение 1–12 месяцев. Поэтому ее скорее можно рассматривать как оздоравливающую добавку, чем лекарство. Сама по себе спирулина безопасна, и все же при нарушении условий культивирования может накапливать ртуть и другие тяжелые металлы, а это уже вредно.

Исследователи артротспиры особое внимание обращают на ее антиоксидантные свойства. Именно на них основано предполагаемое противовоспалительное, противоопухолевое и нейротекторное действие. Однако процесс производства спирулины включает сушку, и какой бы метод для этого ни использовали, значительная часть основных антиоксидантов фикоцианинов и других биологически активных компонентов при этом разрушается. Следовательно, высушенная спирулина в таблетках и порошках суперпродуктом быть не может. Заморозка как способ консервации тоже не подходит, потому что кристаллы льда разрывают клетку, не защищенную прочной стенкой.

Теоретически полезнее всего должна быть свежая спирулина, но ее нельзя выращивать в открытых водоемах, потому что в них заводятся другие водоросли, простейшие, личинки насекомых, патогенные бактерии. При сушке вся эта живность погибает, а свежие водоросли портятся. Цианобактерии без посторонних примесей удается выращивать только в закрытых фотобиореакторах. Сейчас несколько компаний разрабатывают методы хранения свежей спирулины без потери пищевых свойств. Эти свойства, кстати, толком неизвестны, ученые исследовали только высушенную биомассу.

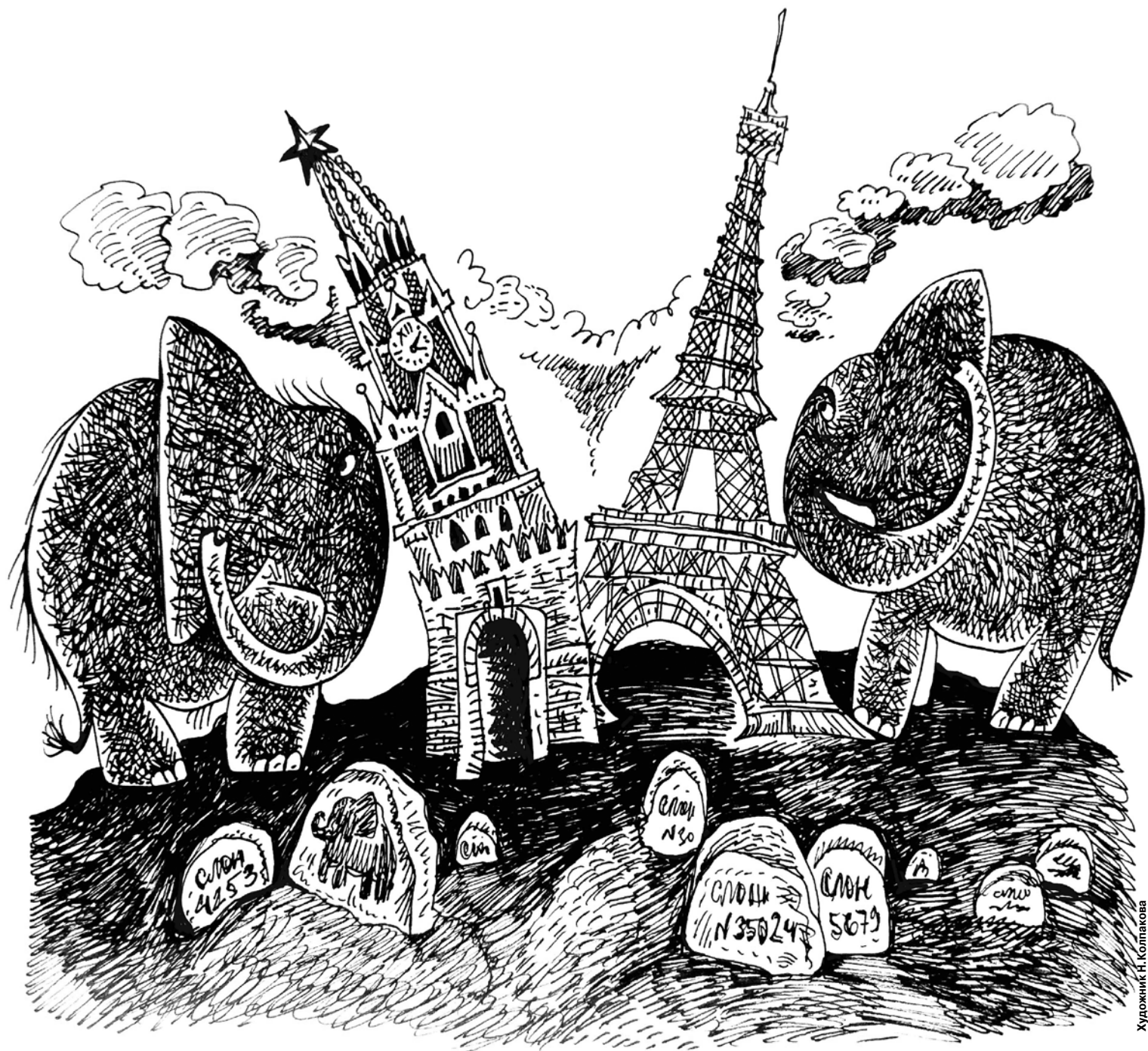
Значит, будем пока сухую артротспирю глотать. Ее продают в таблетках и в порошке. Порошок полезнее, потому что антиоксиданты спирулины разрушаются в присутствии кислорода. Спирулину стараются как можно скорее герметично упаковать, и в оригинальной упаковке она хранится четыре года. В процессе изготовления таблеток порошок окисляется, и качество продукта снижается.

Порошок неприятно пахнет (свежая зелень этого недостатка лишена), а когда его размешивают в воде, слипается. Глотать такую субстанцию непросто и не особенно приятно. Для желающих принимать сухую спирулину — совет от экспертов «Химии и жизни». Чтобы улучшить консистенцию продукта, его вкус и запах, приготовим смесь из двухсот граммов порошка, восьми чайных ложек лимонной кислоты и такого же количества соды. Чайную ложку этой смеси разведем в стакане воды. Кислота и сода вступят в реакцию с выделением углекислого газа, и образуется густая зеленая пена. Ее можно есть ложкой и пить, и не забудьте потом смыть зеленые «усы»



Художник П. Перевезенцев

Н. Ручкина



Художник Н. Колпакова

Россия — родина слонов

Первая статья русского раздела Википедии называлась «Россия». Она появилась 24 мая 2001 года и состояла из одной фразы: «Россия — великая страна». Вскоре вместо нее появилась другая:

«Россия — родина слонов (ушастых, повышенной проходимости — см. мамонт)».

Русская Википедия в тот момент реально не существовала; фраза представляла собой «рыбу», то есть текст, который должен быть заменен настоящим. Однако выбор именно этой фразы знаменателен. Откуда же она появилась?

В 1974 году в Париже вышла книга «Заложники: Роман-документ». Ее автором был писатель Григорий Свирский,

который двумя годами ранее эмигрировал из СССР. Здесь сообщалось, что «Россия — родина слонов» — «самый распространенный университетский анекдот сорок девятого года о русском приоритете во всем и вся».

Действительно, «родина слонов» пародирует официальные штампы позднесталинской эпохи: «Россия — родина радио», «Россия — родина электричества», «Россия — родина авиации» и т. д. Однако «анекдот сорок девятого года» имел за собой давнюю интернациональную родословную, а русскому поговорочному слону предшествовал поговорочный польский.

Традиционная тема анекдота — особенности национального характера различных народов («Заходят в бар ирландец, англичанин и американец...»; «Летят русский, американец и француз на воздушном шаре...» и т. д.). Один из таких анекдотов возник в годы Первой мировой войны. В марте 1916 года в московской газете «Раннее утро» появилась заметка

«Психология наций», взятая из «одной голландской газеты». Здесь рассказывался следующий анекдот. В Африку была послана международная научная экспедиция для изучения нравов диких слонов. По возвращении немец написал три тома о слонах с точки зрения военной, биологической, геологической, этнографической, географической и исторической, француз — фельетон на тему «Слоны и любовь», а поляк — политическую брошюру «Слон и польский вопрос».

В том же году этот анекдот появился в немецкой печати, а затем и в англоязычной.

В романе классика польской литературы Стефана Жеромского «Канун весны» (1924) читаем:

— Словом, всё, всегда и везде — Польша, Польши, Польше, Польшу...

— Да. (...) Мы рождены с дефектом полоноцентризма.

— ...В любом рассуждении на философские и социальные темы возникает Польша, как *deus ex machina* [бог из машины, лат.]. Есть известный анекдот на тему «Слон». Поляк, который — после представителей других народов — должен представить сочинение о слоне, не задумываясь пишет: «Слон и Польша».

Французский критик Альбер Тибодэ опубликовал свою, «философскую» версию анекдота:

Предлагается написать книгу о слоне. Англичанин уезжает в Африку или Индию и возвращается с большим хаотичным трудом, полным описаний и цифр, включая гостиничные счета автора. Немец уходит в себя, чтобы отыскать Идею Слона, слона-в-себе, Пра-слона. Француз пишет блестящую статью о слоне в кафе сада Аклиматасьон [парк со зверинцем в Париже. — К. Д.] (...). Поляк сочиняет трактат «Слон и польский вопрос» (что не так уж смешно). Русский [философ-эмигрант] приносит книгу под названием «Существует ли слон?». Сюрреализм же доводит до крайности русский взгляд на вещи: никакого слона не существует — слоном является всё.

(«Размышления о литературе», 1925)

Хотя анекдот возник, скорее всего, за пределами Польши, только в Польше выражение «Слон и польский вопрос» стало фразеологизмом. В 1995 году известный поэт Станислав Баранчак опубликовал книжку пародий под заглавием «Бог, труба и отчизна: Слон и польский вопрос глазами поэтов». Здесь пародировались хрестоматийные патриотические стихотворения, и во всех пародиях обыгрывалась тема слона. Советскую версию этого интернационального сюжета (пока еще без «родины слона») записал в 1935 году в своем дневнике драматург Александр Афиногенов:

В Академии наук объявили конкурс на тему о слоне. Англичанин принес работу минуту в минуту к сроку на тему: «Хобот слона как рычаг работы и клыки как экспортная статья». Немец пришел даже за пять минут до срока и сдал увесистый том: «К постановке вопроса об изучении проблемы исследования слонов». Француз прибежал запыхавшись и чуть опоздав и сдал работу на тему: «Любовь у слонов и любовь со слонихой». Русский опоздал на два дня: «У меня была больна тетя, и я не мог написать к сроку. А также ввиду того, что со слонами я не знаком, я написал работу на тему о лишнем человеке».

Что же касается «анекдота сорок девятого года», то его самая ранняя известная нам запись принадлежит работникам следственных органов. Она содержалась в деле учителя из Днепропетровска Д.И. Ровинского, который в 1953 году был обвинен в антисоветской агитации и пропаганде:

Во Франции в газетах появились заголовки «Слоны и любовь», в Англии — «Слоны и британский импорт», а в СССР начали печатать заголовки «СССР — родина слонов», «Слоны в борьбе за мир», «Классики марксизма-ленинизма о слонах».

Позднее возник и болгарский слон:



ЦИТАТА

Объявлен мировой конкурс на лучшую книгу о слонах. Прибыли: из Германии «Краткое введение в основы слоноведения», из Англии «Слон и империя», из США «Слоны и деньги», из Франции «Слон и любовь», из СССР «Россия — родина слонов», из Болгарии «Советский слон — лучший друг болгарского слона».

В 2002 году в журнале «Знание-сила» появилась статья Андрея Никонова ««Россия — родина слонов»? Нет — мамонтов». Автор писал:

В определенном смысле можно сказать: Россия — родина мамонтов. И уж во всяком случае, родина их изучения. И почему бы этому факту, как и множеству действительных отечественных достижений, не быть предметом гордости?

Эту тему подхватила пародийная Абсурдопедия:

Россия — родина слонов? Абсурд! Россия — это кладбище мамонтов!

Таким был один из эпиграфов к статье «Россия» с подписью: «Жорж Кювье. Recherches sur les ossements fossiles (Исследование ископаемых окаменелостей)».

Крайняя чувствительность в вопросах национального приоритета была присуща не только позднесталинскому государству. Математик В.И. Арнольд, член АН СССР и Французской академии наук, вспоминал:

Признать влияние Ньютона или Гиббса французам трудно (...). О том, как во Франции преодолели эту трудность, мне стало известно в результате многообразной деятельности «Комитета по защите наследия французской науки от иностранцев», членом которого меня назначил министр науки Франции (и в работе которого я, впрочем, никакого участия не принимал, все вспоминая о родине слонов).

(«Что такое математика?», 2002)

Здесь же Арнольд дает сноску:

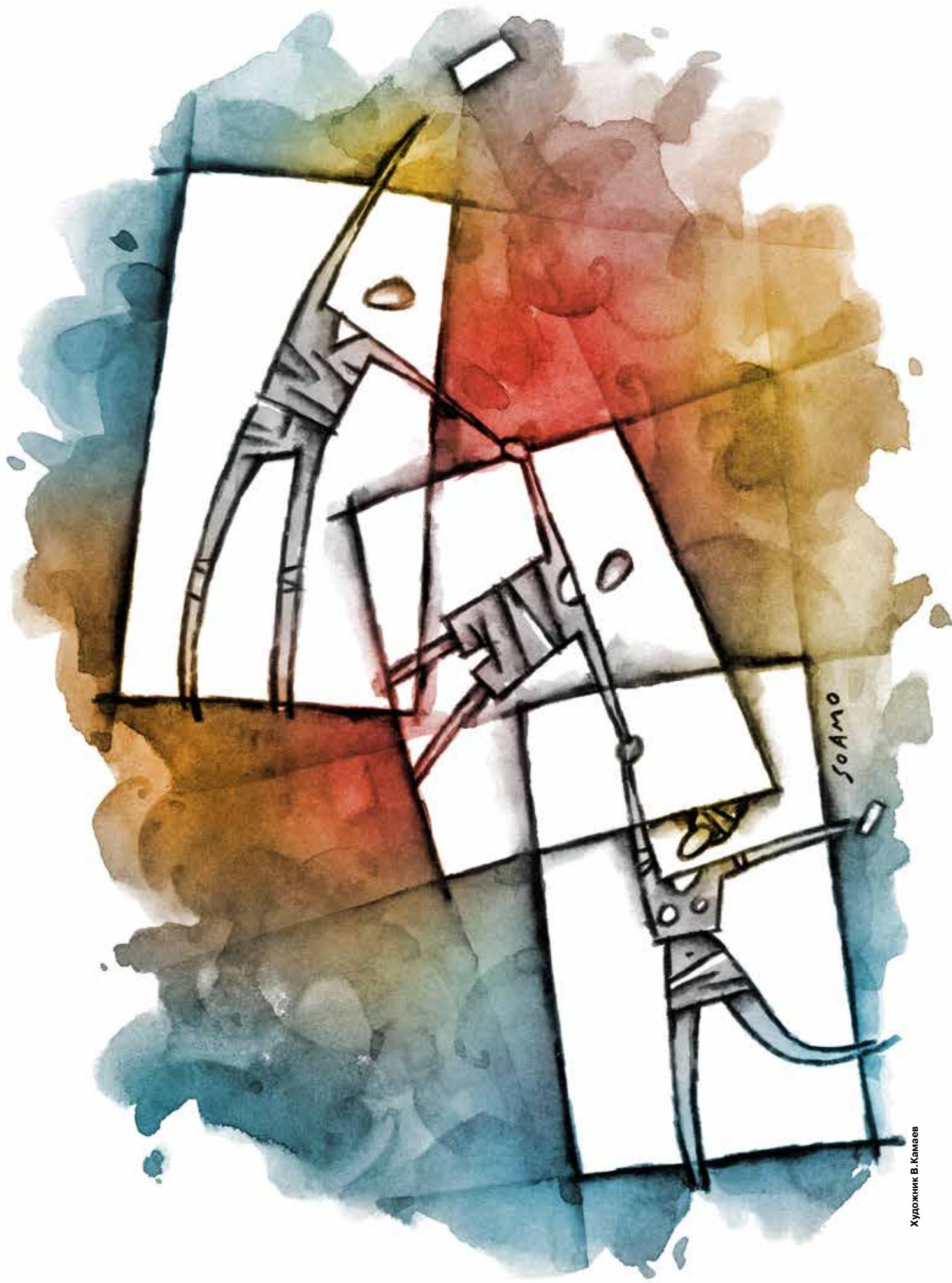
Слова «Россия — родина слонов» изобрел в XVIII веке испанский путешественник, рекламировавший таким способом увиденные им в кунсткамере Петербурга остатки мамонтов.

В викторинах и играх типа «Что, где, когда?» можно встретить вопрос: «Благодаря какому острову родилась пословица: «Россия — родина слонов»? Правильным ответом считается: «Соловки», поскольку там располагался Соловецкий лагерь особого назначения (СЛОН).

Наконец, еще одна версия связывает появление выражения с книгой В.В. Данилевского «Русская техника» (1947), где упомянут ««паровой слон» — паровой автомобиль Аммоса Черепанова, племянника паровозостроителя». В 1940-е годы В.В. Данилевский внес большой вклад в борьбу за «приоритет отечественной науки и техники».

Однако все это не более чем этимологические легенды, созданные задним числом.

Константин Душенко



Посадочный талон

Владимир Прягин

— Просыпайся, земляк. Приехали.

Вадим разлепил глаза и посмотрел на таксиста. Тот был хмур, небрит и немолод; узловатые пальцы нетерпеливо барабанили по рулю с бордово-синей оплеткой. На лобовом стекле виднелись разводы — «дворники» неудачно растерли там что-то липкое.

— Сколько с меня?

— Три семьдесят.

Извернувшись в кресле, Вадим достал из брючного кармана пятирублевку:

— Сдачи не надо.

Таксист взглянул с уважением и аккуратно сцапал бумажку. Вадим открыл дверцу и на секунду замер, уставившись на фасад аэровокзала.

— Ты терминалы не перепутал?

— У нас их, по-твоему, что — десяток? Это ж, блин, не Москва. Ты сказал — к залу вылета, вот я и привез.

— Угу, я просто давно тут не был... — Он выбрался из машины. — Ладно, сориентируюсь как-нибудь...

Лимонная «Волга», плюнув на прощание выхлопным газом, рванула с места. Вадим посмотрел ей вслед и пошел к дверям терминала. Солнце светило ярко, было градусов восемнадцать, но осенний привкус уже ощущался в воздухе. С севера подползала туча, похожая на грязный ком стекловаты.

В зале народ гомонил на разные голоса, царило нервное предотлетное возбуждение. Очереди виляли хвостами перед стойками регистрации. Тетка с двумя клеенчатыми безразмерными сумками едва не сбила Вадима с ног.

Он тихо ругнулся и отошел к окну. Достал из кармана куртки кассетный импортный диктофон, поднес его к уху и нажал кнопку — та вдавилась с негромким всхлипом. Голос Виктора зазвучал сквозь шуршание пленки.

«Я понятия не имею, Вадик, в каком именно виде все это перед тобой предстанет. Не уверен даже, что ты сразу сумеешь вспомнить, зачем ты там оказался. Специально на этот случай мы принимаем меры. Эту запись я сделал в твоём присутствии. Она воспроизведется, когда ты будешь на месте. Если, конечно, мои прикидки верны. Ты снова услышишь мой монолог, и это, надеюсь, тебе поможет. Учитайвай, что, оказавшись там, ты принимаешь местную логику. Вписываешься в пейзаж, так сказать. Все необходимое — при тебе...»

Вадим нажал на паузу и задумался. Пока что реализовывался не самый худший сценарий. Память сохранилась в полном объеме, и запись можно было бы вообще не включать. Но голос на пленке действовал успокаивающе — Виктор с его занудно-преподавательским тоном производил впечатление человека, который умеет рассуждать здраво. Ну еще бы — два высших образования,



ФАНТАСТИКА

причем не абы каких: Бауманка и заочно оконченный философский факультет МГУ.

Узнав про второй диплом, Вадим, помнится, долго ржал и допытывался — на кой, собственно, ляд? «Для души», — ответил бывший одноклассник с достоинством и конечно же немедленно выпил...

Положив диктофон на подоконник, Вадим принялся методично обшаривать карманы. Билет нашелся в правом нагрудном — разграфленный листок с эмблемой «Аэрофлота».

Желтое поле, где указывался пункт назначения, было заполнено от руки — таким криптографическим почерком, что позавидовали бы даже врачи из городской поликлиники. Вадим кое-как разобрал: Москва. Закорючка в скобках должна была, по идее, обозначать конкретный аэропорт, но расшифровке не поддавалась в принципе. Домодедово, Шереметьево, Внуково? Или какое-нибудь Быково? Номер рейса вообще отсутствовал.

Вадим почесал в затылке и, пробившись через толпу, остановился перед информационным табло. Оно оказалось сломано. Белые буквы в ячеистых черных строчках складывались не в названия городов, а в дичайшую абракадабру: щпоблывмайт... Казалось, кто-то споткнулся и рассыпал тут алфавит. Та же картина — с цифрами, которые должны были обозначать время вылета.

Странно, но остальных пассажиров и сопровождающих неисправность не волновала. Они, рассеянно мазнув взглядом по алфавитно-цифровой мешанине, шагали дальше, словно не нуждались в подсказках.

Вадим огляделся в поисках справочной. Соответствующее окошко имелось, но было закрыто наглухо. Может, это намек, что надо действовать проще? Использовать размытость параметров, чтобы получить преимущество?

Он подошел к регистрационным стойкам — у одной из них как раз оформляли тех, кто летел в столицу. Вадим пристроился в хвост. Очкастый мужик в плаще, стоящий перед ним, читал «Крокодил». Видна была карикатура на треть страницы — двое бомжей, копаясь в мусорном баке, ведут беседу: «А сам-то ты, Петрович, за какую модель перехода к рынку?»

Очередь продвигалась неспешно, и Вадим опять включил диктофон.

«Вспомни ситуацию, Вадик. Продукты исчезают с прилавков, но дело даже не в этом. Прежняя жизнь заканчивается — это чувствуют если не все, то многие. В некоторых изданиях уже почти в открытую пишут, что советская власть себя исчерпала. А ведь «Буря» взлетел всего пару лет назад! Космический челнок и пустые магазинные полки — такие контрасты теперь повсюду. Страна стоит на распутье, и что будет дальше, никто не знает...»

— Подходите, товарищ.

Полноватая дама с обесцвеченными кудряшками глядела на него из-за стойки. Он, спохватившись, протянул свой билет.

— Ставьте багаж на ленту.

— Я належке.

Она посмотрела с недоумением, но от комментариев воздержалась. Вернула билет — уже проштампованный и с оторванным краем. Кроме того, Вадим получил бумажный прямоугольник с бурой каймой:

— Ваш посадочный талон.

— Большое спасибо. А почему тут рейс не проставлен? И номер выхода? И еще я хотел узнать...

— Там указано все, что нужно.

— Ну как же? Вот, сами взгляните — прочерк...

— Товарищ, — сказала дама проникновенно, чуть повышая голос, — вы задерживаете очередь. Вас много, а я одна.

За его спиной утвердительно загудели — действительно, мол, задерживает. Вадим вспомнил замечание Виктора, что местную логику следует принимать, и прекратил расспросы. Ясности пока не прибавилось; с другой стороны, было бы наивно рассчитывать, что вопросы снимутся сразу.

Он обошел зал ожидания по периметру. Все места были заняты; люди дремали, придерживая ручки сумок и чемоданов. В дальнем углу несколько человек, подстелив газеты под голову, спали вповалку прямо на холодном полу.

Аэровокзал обветшал и давно нуждался в ремонте. Штукатурка со стен отваливалась, и прорехи темнели как застарелые язвы; плиты под ногами трескались и крошились. Со стороны сортира волнами напознала затхлая тяжелая вонь.

Стремянка для маларных работ — коряво сколоченная, заляпанная краской донельзя и бесславно забытая — приткнулась в простенке между двумя немытыми окнами. Похоже, мысль о ремонте все-таки посещала местных чиновников, но надолго не задержалась.

— ...! — могучий матерный возглас прорвался сквозь общий гомон. — Че за дебилы здесь эту хрень поставили?!

Парень лет двадцати рассерженно пнул стремянку. Рукав его серого, чуть блестящего пиджака был безобразно продран, виднелись ключья подкладки.

— Не, ну прикинь, Колян? — рычал пострадавший, обращаясь к приятелю, который топтался рядом. — Тут гвоздь торчит, а я об него... Упыри, мля... Меня в Москве серьезные люди ждут — и че, я к ним в таком виде?!

— Как прилетишь — в магазин заедешь, — флегматично сказал Колян.

— Да не успею, бляха! Время — чисто впритык...

— Ну, тогда вон — пойдешь приценишься...

Колян кивнул на палатку кооператоров — там висели варенки, футболки с англоязычными аппликациями и малиновый двубортный пиджак с блестящими пуговицами.

— Ты че, серьезно?

— А фиг ли?

Вадим, отвернувшись, подумал, что оставаться в этой толпе нет смысла. Разумнее будет сразу пройти досмотр и обосноваться у выходов на посадку — их, если память не изменяет, всего три штуки, поскольку аэропорт небольшой...

Шагая, он вслушивался в голос на пленке.

«Ты знаешь, Вадик, что такое гипостазирование? Это когда абстрактные сущности рассматриваются как

материальные вещи. Ну, например, социальная справедливость — представь, что она лежит где-нибудь на складе, расфасованная в брикеты. Или историческая развилка — овецим ее, вообразив некий транспортный узел, аэропорт...»

Досмотр ничем не запомнился — через считанные минуты Вадим оказался в зале с тремя выходами на летное поле. Первая дверь была заперта, зато две другие как раз открылись, и перед ними собирался народ, ожидая приглашения на посадку; оба рейса, если верить табличкам, были московские. Конкретный аэропорт не указывался, но это была уже привычная странность. Можно ведь просто подойти и спросить...

Он сделал шаг, но голова вдруг предательски закружилась, а в глазах потемнело.

Вадим поспешно присел и сделал глубокий вдох.

Спросить, похоже, не выйдет. Надо выбирать самому. Развилка...

«Скажу тебе прямо, Вадик, я не любил советскую жизнь с ее партсобраниями, дефицитом, очередями. Но сейчас, в двадцать первом веке, я вынужден признать — именно оттуда, из советских времен, массово мечталось о будущем, в котором мне хотелось бы жить...»

Головокружение отступило. Он вытер пот со лба — и заметил, что рядом стоит пацан лет десяти-одиннадцати. Пацан был одет в футболку с изображением Брюса Ли (приобретенную, вероятно, в той самой лавке, где торговали кооператоры) и с любопытством разглядывал диктофон.

— Нравится? — спросил Вадим.

— Угу, вещь. Дорого стоит?

— Не помню уже, давно покупал. Да это ладно, не такой уж он и крутой. Вот лет через двадцать будут всякие гаджеты цифровые...

— Кто-кто?

— Гаджеты. Приборчики, в смысле. Плееры там, планшеты, смартфоны. Игры компьютерные, похожие на кино... В будущем такого добра навалом...

— Классно! А откуда вы знаете?

Вадим не успел ответить — началась посадка, причем сразу на оба рейса. Московские самолеты, судя по всему, должны были стартовать один за другим. Пассажиры засуетились, и пацан сообщил:

— Ну ладно, я пошел тогда. До свидания.

— Ага, давай. С родителями летишь?

— Со старшей сеструхой.

Он ткнул пальцем в сторону барышни, которая сидела метрах в пятнадцати, эффектно заложив ногу на ногу; ультракороткая юбка задралась почти до трусов. Девушка сосредоточенно рылась в сумочке, и агрессивно-модные лохмы почти скрывали лицо. «Хэштег #ябывдул... — подумал Вадим. — Ну, эта и в нашем будущем устроится замечательно...»

Хвост очереди скрыл от него секс-бомбу, и он стал снова смотреть на выходы. Мысли путались, сосредоточиться было трудно. Развилка отторгала его, но он напоминал себе раз за разом — надо выбрать верную дверь...

И наконец-то пришла подсказка.

Тетка, которая чуть не сшибла его недавно, шагнула к левому выходу. Одну из набитых сумок она по-прежнему таскала с собой — в качестве гипертрофированной ручной клади. На рынке, видать, торгует...

Он удовлетворенно кивнул.

Пацан в кооперативной футболке стоял в проходе между рядами кресел, а рядом стояла его сестра, лицо которой Вадим наконец сумел рассмотреть. Она улыбка



— Да, — сказал Вадим. — С вами.



Не все люди враги...

М.Б. Черненко

Назначение

До чего же красив старинный особняк на Воробьевых горах, Институт химической физики Академии наук. Одна лестница на второй этаж чего стоит! Директорский кабинет, в котором за огромным старинным столом размером, наверное, не меньше двух больших бильярдных, сидит вице-президент Академии, «самый главный химик» всей хрущевской «...плюс химизации», нобелевский лауреат академик Николай Николаевич Семенов. Чуть подальше — несколько весьма солидных мужчин; я их вижу впервые.

А возле Семенова — главный редактор новой, уже набравшей огромный тираж «Науки и жизни», Виктор Николаевич Болховитинов, всем своим видом излучающий удовольствие от происходящего. Добился своего!

Академии наук, объяснили мне там, поручено издавать научно-популярный журнал по химии и биологии. Главным редактором будет, как у них полагается, академик. А его заместителем, которому предстоит создать редакцию и с начала следующего года выпускать новый журнал, товарищ Болховитинов предлагает назначить меня...

Поначалу я слегка ошолбенел и усомнился вслух в своих познаниях по части химии, но Виктор Николаевич заверил присутствующих, что это не главное. И беспокойства по поводу моей инженерной специальности они не проявили. Так что через полчаса я уже ехал с одним из присутствовавших в кабинете Семенова господ, как сказали бы теперь, к нему на работу, в Президиум Академии наук. Это был Макс Исаакович Рохлин, ученый секретарь Секции химико-технологических и биологических наук Президиума. А проще и понятнее — советник и главный помощник вице-президента АН СССР Н.Н. Семенова. Мудрому Рохлину было поручено ввести меня в курс дела. А затем нам вместе решать, что именно и каким образом надо «пробовать» в первую очередь, в ближайшие несколько дней.

По дороге Макс Исаакович объяснил, кто такие неизвестные мне, что были с нами у Семенова: «Они из ЦК партии, потому что химия — под особым покровительством Хрущева». Еще он сказал, что будущий главный редактор — пока еще член-корреспондент Академии, фамилия его Петрянов-Соколов (я ее раньше не слыхал), и что он сейчас в секретной командировке. «На днях вернется, тогда и познакомитесь».

На дворе октябрь. В такое время, при тогдашней издательской и типографской технике, январские номера советских журналов уже отправлялись в типографию, в набор... (Напоминаю: до компьютеров еще далеко! Основная техника издательства — пишущие машинки. С напечатанных на них страниц в типографии готовят из легкого сплава отдельные строки книги или журнала. Цех, где это происходит, устроен громоздкими машинами для литья строк — линотипами.)

Дальше. Скудное название журнала по первым документам о его создании («Химия и народное хозяйство») изменяется, он будет называться «Химия и жизнь». Повышается статус редакции. Но никаких документов из высоких инстанций обо всех этих переменах еще нет, они «оформляются». Штат редакции: по прежним бумагам это



МЕМОАРЫ

всего три сотрудника, должности зам. главного редактора нет вообще. Как со всем этим можно справиться, я в то время понятия не имел.

Первое новое известие — вернулся в Москву главный редактор. Звоню по названному мне телефону, представляюсь. Приглашает приехать завтра: «Лучше всего с утра. В семь часов — вам это не рано?» Вот так академик! Отвечаю, разумеется, что готов. И утром, с запасом времени, отправляюсь по полупустым еще улицам на Рождественский бульвар, дом 10. Квартира на первом этаже, дверь открыл улыбающийся бородатый человек в халате. И первое же впечатление — это же коммунальная квартира, коммуналка с разными семьями! Ничего себе жилье у члена-корреспондента Академии наук, да еще и секретного...

Беседа наша с Игорем Васильевичем в его кабинете (есть все же вторая комната, спальня) была недолгой, спрашивал он меня только о прежней работе. А впечатление было — что он об этом и без меня уже все знает. Попрощались дружелюбно, договорились о способах связи, особенно — если речь о чем-то не терпящем отлагательств.

Прошли пять дней, забытых до отказа хлопотами о еще не существующей редакции, когда рано утром меня вытащил из душа телефонный звонок. В трубке кричала Мара, жена известного возможному читателю В.Р.: «Ты что, не слышал? Никиту сняли!!» Это было 15 октября 1964 года. Пленум ЦК КПСС освободил Хрущева от всех государственных и партийных постов накануне, через три дня моего «сватовства» у академика Семенова...

Многие тогда затряслись. Еще не понимали, что наша руководящая партия так просто свою генеральную линию не отменяет. И всего за несколько дней стало ясно, что новое руководство СССР во главе с мало кому известным до этого Леонидом Ильичом Брежневым не собирается «закрывать» ни химию, ни кукурузу. А значит, отменять решение о научно-популярном журнале по химии и биологии тоже не будет. Все остается как есть...

Не совсем все, конечно. В тот же день большие перемены произошли в самой популярной всесоюзной газете «Известия». Привели туда из ЦК КПСС партийного начальника Владимира Ильича Степакова и сообщили редакции, что он назначен главным редактором. Вместо бывшего, сделавшего газету знаменитой, замечательного журналиста Алексея Ивановича Аджубея — зятя Хрущева...

Первые сотрудники и первый номер

Здесь, наверное, к месту был бы солидный подзаголовок «Формирование штатов редакции». Увы, он пока не нужен: положение было хоть и незавидным, но очень простым. В.Р. пока отпадал — его зарплата в «Горном журнале» была гораздо выше. Тем не менее мы вместе, по старой памяти, сразу сманили в новую редакцию напористую Веру Черни-

кову — она была не так уж давно редактором нашей статьи о математике Агресте и его инопланетянах в «Литературной газете».

И еще одна журналистская ставка оказалась заранее решенной — главным «хозяином», Академией наук. Профессорская жена, работала в каком-то издательстве, «очень хочет в популярный журнал...» Ничего не попишешь, однако пришлось сразу же решительно договариваться с Рохлиным, что это — в первый и последний раз! Мудрец понимающе соглашается.

А вот на третью ставку, очень по делу и ко всеобщему удовольствию, досталась нам сотрудница от издательства. Отвечающая за делопроизводство, за всю кухню редакционной работы молодая женщина, выпестованная в издательстве «Наука» с юного возраста из уборщиц. Одним словом — настоящая Хозяйка будущего хозяйства редакции, Тамара Сулаева.

А я был назначен до официального утверждения штатов новой редакции «инженером по вентиляции» (с окладом 120 рублей, вдвое меньше моего «горного») в Институт нефтехимического синтеза, директору которого сосватал меня «в долг» все тот же Рохлин.

Все в расчете на «светлое будущее»...

Вкалывали мы, раздобывая материалы и редактируя рукописи, что называется, с утра до ночи. Иной раз едва поспевали к метро — вход на станцию вот-вот закроют.

Все, кого хоть немного касалось создание нового журнала, хорошо понимали, что выпустить первый номер в январе 65-го невозможно. Потому что у всех — типографии, издательства, поставщиков бумаги — есть тогдашнее «его величество План». Значит, надо сочинять невыполнимые на самом деле «мероприятия». Редакцию, которой еще не существует, хотя заслушать на партбюро издательства; дирекции издательства надо вписать будущий журнал в свой план и послать какие-то «плановые» документы в типографию. И так далее.

А для себя, совершенно неофициально, мы определили крайний срок — хоть за день до Нового года, «с носу кровь», сдать в производство готовую машинопись первого номера.

Издательство нас тоже понимало, но в его планах официально значилось «выпустить 1-й номер в январе 1965 года». Разница в одном слове, расправиться с которой в советское время было невозможно.

В полуподвальных комнатах профессорского дома № 61 на Ленинском проспекте, где Академия наук отвела место будущей редакции, уже появлялись первые желающие работать в новом журнале. Увы, говорить не о чем, пока не будет нового штатного расписания.

Неожиданно одна из обещанных новых зарплат через несколько дней появилась. Авансом ли, в долг или еще как, сказать уверенно за давностью события не берусь. Главное — можно принять еще одного сотрудника. Редактора, корреспондента, неважно как назвать.

Так появился первый в законном новом составе редакции сотрудник мужского пола, обладающий многими явными достоинствами. Первое только что названо. Второе — специальность и опыт: химик-технолог по образованию, трудится в закрытом номерном институте, про который хорошо известно, что это взрывчатые вещества. Отличный возраст, 25 лет. Его понемногу печатают, пусть в «Комсомольской правде», поносившей нас с В.Р. за доисторических инопланетян. Еще он, Владимир Станцо, страстный театрал...

Уже в первом номере «Химии и жизни» есть его заметная публикация о немаловажном научном событии — синтезе в подмосковной Дубне, в Объединенном институте ядерных исследований, трансуранового элемента № 104. Тогда считали, что он будет назван курчатовием. Но в мирных «войнах» советских ученых с американскими, тоже пытавшимися

синтезировать новые элементы в калифорнийском Беркли, это не прошло.

Для «Химии и жизни» последнее было не так уж важно. Зато рубрика «Элемент №...» закрепилась в журнале, как и связь с «авторами» нового элемента. Это академик Георгий Николаевич Флёрв (тогда член-корр. АН) и академик Юрий Цолакович Оганесян (тогда еще даже не доктор наук). Оба они удостоены теперь наивысшей, на мой взгляд, чести: их именами названы новые элементы: флеровий (№ 114) и оганесон (№ 118).

Наш «личный» план: отправить машинопись первого номера в издательство во что бы то ни стало до Нового года мы почти выполнили. «Почти» — это значит, что накануне праздника мы вроде бы все успевали, да только не к концу сокращенного рабочего дня в издательстве.

И хозяйка Тамара договорилась под честное слово с приятельницей в издательстве, что привезет ей все «в собственные руки» к началу первого после праздника рабочего дня. Лишь бы в документах отметили, что это «до»... Что и было тайно, но успешно выполнено.

Собирая первый номер журнала, мы, естественно, зацепили и несколько материалов для следующих выпусков. То было время первых чудес появления человека в космосе. Пресс-конференциями вернувшихся на Землю космонавтов, начиная с Гагарина, официально ведала Академия наук. Проводили их в Большом зале МГУ, и у нашей редакции, поскольку будущий журнал академический, было аж три пригласительных. Так мы попали на парадную и многолюдную пресс-конференцию с космонавтами Беляевым и Леоновым, посвященную первому в мире выходу человека в открытый космос.

В космос выходил (правильнее было бы, конечно, — с трудом вылезал) Алексей Леонов, но рассказывал о полете командир корабля Павел Беляев. Когда он закончил и было объявлено, что можно задавать вопросы, из зала к трибуне





Творческое совещание в редакции

бросились многие. Всех опередила наша Красотка с запиской крупными буквами: «Принимали ли химики участие в создании «выходного костюма» Алексея Леонова?» Утвердительный ответ прозвучал незамедлительно: «Принимали самое непосредственное участие». Он и воспроизведен с фотографией космонавтов, покидающих корабль, в нашем втором номере.

Ну а как происходили на самом деле полет и выход в космос, грозившее гибелью возвращение космонавта в корабль, аварийная посадка «не там», холодная ночевка в тайге и эвакуация найденного экипажа — об этом много чего рассказывал на телевидении недавно, в 2018 году, Алексей Леонов. Невероятное самообладание космонавтов, истинный, не парадный и не показной героизм, ужас грозившей космическим небытием катастрофы... Теперь его рассказ, наверное, давно размножен в Интернете.

Текстов, обширных цитат из «Химии и жизни», в этом повествовании почти не будет. В том числе потому, что в Интернете существует полный «Электронный архив журнала Химия и жизнь» с текстами и иллюстрациями начиная с № 1 за 1965 год.

И все же — вот пример из третьего номера 1965 года. Безусловно, избранный и очень положительный, убедительно



МЕМУАРЫ

говорящий о намерениях и стиле редакции. Строки из статьи с парадоксальным названием: «Самое необыкновенное вещество — обыкновенная вода».

«Что такое обыкновенная вода? Такой воды в мире нет. Нигде нет обыкновенной воды. Она всегда необыкновенная. Даже по изотопному составу вода в природе всегда различна. Он зависит от истории воды — от того, что с ней происходило в бесконечном многообразии ее круговорота в природе.

При испарении вода обогащается протием, и вода дождя поэтому отлична от воды из озера. Вода из реки не похожа на морскую воду. В закрытых озерах вода содержит больше дейтерия, чем вода горных ручьев. В каждом источнике свой изотопный состав воды.

Когда зимой замерзает вода в озере, изотопный состав льда меняется: в нем уменьшилось содержание тяжелого водорода, но зато повысилось количество тяжелого кислорода. Поэтому вода из растаявшего льда уже отличается от той воды, которая замерзла.

Если воду разложить, а потом сжечь добытый из нее водород, то получится снова вода, но совсем другая, потому что в воздухе изотопный состав кислорода отличается от среднего изотопного состава кислорода воды. (Но зато, в отличие от воды, изотопный состав воздуха один и тот же на всем земном шаре.)

Вода в природе вечно меняется...»

С удовольствием представляю автора: главный редактор «Химии и жизни» Игорь Васильевич Петрянов-Соколов. Что скажете?

Первый номер нашего журнала вышел в свет, после всех долгих типографских и корректурных процессов, только в апреле 1965 года. И все же тогдашнее «Подписное агентство» почтового ведомства и розничная продажа в киосках затребовали в сумме и к нашему удивлению почти 15 000 экземпляров! А редакции предстояло «догонять»: издать до конца 1965 года все двенадцать номеров...

Мой зарок выполнен

Январь 65-го. Только что ушла в типографию «рукопись» (на самом деле, естественно, машинопись) первого номера. А выйти до конца года должны все двенадцать... Немало будет для этого значить взаимодействие с «Наукой», издательством Академии наук, в котором состоит и наша редакция. Мы не одиноки: кроме множества книжных редакций по разным отраслям и темам, в издательстве около сотни журналов. (Потом, уже при нас, число их перевалило за 100.) Но это — журналы сугубо научные, в большинстве малотиражные, редакции у них по два-три человека.

Главное впечатление от издательства: оно совершенно как «Металлургиздат», только гораздо больше. Всеобщая интеллигентность и полная доброжелательность. Дураков пока не встречал. Ну разве что пожилой военный отставник

на непонятной должности, но ответственный за всеобщие «политинформации» от партбюро, назидательно повторяет на каждом шагу: «Оставайся на связи!»

Коллеги в издательстве недоумевают: почему это у нас будут штаты и гонорары не как в других журналах? Довольно откровенно заговорил со мной об этом первый заместитель директора, известный полиграфист и великий мастер улаживания и решения всевозможных дел Натан Евсеевич Брусиловский. И предложил: уменьшить будущие высокие оклады — пусть только временно, «чтобы не раздражать других». Пришлось, что называется, развести руками. Показать на потолок — не нами, дескать, придуманы... А про убыточность или наоборот я пообещал: если через два-три года не подойдем к тиражу 100 000 экземпляров, то меня — в отставку...

На наше счастье, ждать утверждения настоящих штата и зарплат долго не пришлось. Тут и пригодился уже наметившийся резерв, наши явные кандидаты на работу в редакции. Вот они.

Вячеслав Жвирблис, р. 1936, человек ученый: химфак МГУ, научный сотрудник Института органической химии, Института научной информации... Ольгерт Либкин, р. 1939, инженер (неорганические материалы), уже давно понемногу печатается. Умница и эрудит... Следом Алексей Иорданский, работавший раньше в книжной части того же издательства «Наука». Умелый переводчик с английского. Еще писатель Володин, врач-гинеколог по специальности, давно трудится над книгой об основателе научной генетики монахе Грегоре Менделе. Позже пришли еще добры молодцы, тоже не новички; назову их пока Бизоном и Птицеловом.

Здесь важно другое: с пополнением пошла в журнале «уж музыка не та». Возникла даже своего рода внешняя политика. Издавались научно-популярные книжки, написанные по материалам, напечатанным у нас в журнале; брошюры о героях труда — так называли заводских рабочих, перевыполнявших нормы выработки и планы...

А еще можно вспомнить, что Ольгерт Либкин и только что упомянутый Бизон, весьма крепкий Михаил Гуревич, (они стали нередко писать вместе) получили от «Литературной газеты» премию «Золотой телянок» за напечатанный там на знаменитой в те времена сатирической 16-й полосе рассказ «Кентавр Легкий-на-подъем»...

Понятно, что сомнения в издательстве насчет нас тоже постепенно рассеялись. Простая цифра тому причина и основа: тираж 1966 г. — 64 000 экз., рост 400%; следующий год 1967-й (третий для журнала) — 125 000 экз., рост еще вдвое, и зарок мой выполнен! Немного забегаю с тиражами вперед, назову еще несколько: 1968 г. — 150 000 экз., и такой тираж держится пять лет.

Смена караула

Но! В 1970 году в издательстве «Наука» происходит смена караула. Всеми уважаемого члена-корреспондента АН фронтовика Александра Михайловича Самсонова снимают с работы за книгу «1941. 22 июня». О содержании догадаться нетрудно: правда о первом страшном дне Великой Отечественной войны. Директором издательства назначают сотрудника крохотной академической конторы под названием РИСО, что означает «Редакционно-издательский совет». Сидя там, наш новый директор и сочинил диссертацию «Идеологическая работа Коммунистической партии Советского Союза среди тружеников тыла в первый период Великой Отечественной войны (июнь 1941 г. — ноябрь 1942 г.)», за которую добыл степень доктора исторических наук...

Звали нового директора Комковым Геннадием Даниловичем, но очень скоро его отчество трансформировалось в

приватных разговорах сотрудников в кличку Давилыч. Если член-корр. Самсонов был деловым и доброжелательным в принципе «мистером да», то его преемник — ярко выраженным «господином нет». Все вызывало его сомнения и чаще всего — сопротивление.

Начались и кадровые перемены: в местном профсоюзе, в партийном бюро и в отделе кадров возникли люди, которые раньше были незаметны, либо приведенные Комковым. Один из них, номинально какой-то хозяйственный работник, вскоре стал председателем месткома. Ему принадлежит неоднократно повторенная замечательная фраза: «В издательстве можно работать, неплохая организация. Вот только интеллигенции многовато!»

На нас директор Комков внимания пока не обращает. О чем ему беспокоиться? В 1973 году наш тираж подрастает до 170 000 экз.; и через год, в 1975-м, новый взлет — 250 000 экз. В 1976 году директор даже приезжает к нам в редакцию (на очередные «именины») и произносит похвальную речь. Попадает на сей раз в точку: на следующий год тираж «Химии и жизни» достигает 300 000 экземпляров! И продолжает расти...

Напоминать о себе нам уже не приходилось — издательство нас признало за явную доходность. Чего уж больше...

Однако успехи — успехами, но разве можно без неприятностей?

В остроумной хронике «17 мгновений «Химии и жизни»» за 25 лет (1989, № 12) «первым втыком» редакции названо суждение какого-то важного бюллетеня нравственности о репродукции знаменитой картины Джорджоне «Спящая Венера» (к статье о химизме сна). Важного товарища разгневало, что Венера «даже без трусов».

По мне — это еще пустяки. А вот первым серьезным, грозящим «оргвыводами» втыком была реплика в газете «Правда» по поводу статьи «Больше платить, чтобы больше производить. Больше производить, чтобы больше платить» (1966, № 9 и 10). Рассказано там было об успешном применении на Рязанском комбинате химического волокна первой попытки советской власти дать заводам и фабрикам хоть немного хозяйственной самостоятельности.

И охранители «незыблемости основ» немедленно углядели в нашем журнале их подрыв, «немарксистский подход», если по Маяковскому.

И если такое напечатано в «Правде», то по тогдашним правилам полагалось кого-то сильно наказывать, а еще вернее — выгонять с работы...

Пришлось Петрянову собирать редколлегия для письменного покаяния. Рохлину — уличивать правдинского зав. отделом науки. Да еще министру химпромышленности Костандову, неизменно одобрявшему наш журнал, объяснять партийным верхам, что мы же хвалили хорошо работающий завод и тем самым — всю эту «плюс химизацию»...

Быстро распространявшейся известности журнала способствовала и наша, можно сказать, география. На одном пятачке вокруг Ленинского проспекта — Президиум АН, чуть не все научные институты нашего направления и мы. Рядом — жилые дома, построенные для научных сотрудников.

Что до общения с начальством, то Рохлин, ставший к тому же внештатным заместителем главного редактора, живет совсем рядом. И Петрянов (он уже в 1966-м избран в академики) тоже вот-вот переедет наконец-то из коммуналки в отдельную квартиру по соседству. Ну и сам наш подвалчик с его бодрящей атмосферой тоже, наверное, многих притягивал. И если мы уже переходим местами к персоналиям, то пора, наверное, сказать подробнее о главном редакторе.

Продолжение следует.

Стивен Хэйне
ДНК — не приговор.
Удивительная связь между
вами и вашими генами
Перевод с английского:
Даниил Романовский
Манн, Иванов и Фербер,
2019



В апреле 2003 года мир навсегда изменился: мы впервые смогли полностью расшифровать геном человека. В клетках каждого из нас есть уникальная цепочка нуклеотидов, которая определяет то, кем мы являемся. Это биографическая книга из 6 миллиардов символов, которая, как многим кажется, написана рукой самого Бога. А с появлением компаний, занимающихся генетическим анализом, стало возможно расшифровать геном каждого человека. Теперь у нас есть такой доступ к информации о нас самих, какого не имело ни одно из предыдущих поколений. Мы можем узнать, откуда появились наши предки, к проявлению каких физических и психологических черт мы предрасположены, каких болезней скорее всего избежим, а какие могут убить нас.

Оказывается, мы родились с набором предрассудков, которые приписывают нашим генам почти мистические способности. Они могут привести нас к расизму, сексизму и развитию евгеники, но также могут способствовать росту терпимости, сочувствия и увеличению возможностей для прогресса. Из этой книги вы узнаете, как работают эти предубеждения, как они делают нас уязвимыми к шумихе вокруг геномной революции и как мы можем использовать их более эффективно.

Иэн Стюарт
Укрощение бесконечности.
История математики
от первых чисел
до теории хаоса
Перевод с английского:
Елена Погосян
Манн, Иванов и Фербер, 2019



Профессор Иэн Стюарт в увлекательной манере и с юмором рассказывает о значимых приложениях математики и ее истории. Математика не появилась сразу в готовом виде. Она возникала постепенно, усилиями тысяч людей из разных культур, говоривших на многих языках. Ее постулаты, актуальные и по сей день, насчитывают более 4000 лет. Способы решения уравнений, открытые еще вавилонянами, используются до сих пор. Львиная доля основ математики, преподаваемых в школе, насчитывает не меньше 200 лет. Принятый в 1960-х «современный» курс отсылает нас к XIX веку. Однако, несмотря на внешнюю консервативность, математика шла вперед. В наши дни за неделю делается столько же математических открытий, сколько вавилонянам удавалось совершить за 2000 лет.

Развитие цивилизации всегда шло рука об руку с развитием математики. Без открытий в тригонометрии, сделанных древними греками, арабами и индусами, плавание в открытых океанах во времена великих географических открытий было бы гораздо более опасным занятием. Торговые пути из Китая в Европу или из Индии в обе Америки проложены по невидимой математической нити. И конечно, современное общество невозможно представить без математики.

издательство
МАНН, ИВАНОВ И ФЕРБЕР



КНИГИ

Марк Медовник
Жидкости. Прекрасные
и опасные субстанции,
протекающие по нашей жизни
Перевод с английского:
Наталья Лисова
Манн, Иванов и Фербер,
2019



Материаловед и инженер Марк Медовник рассказывает об удивительных, загадочных и неожиданных свойствах самых известных жидкостей, которые нас окружают. Керосин, жидкое мыло, кофе, чай, алкогольные напитки, чистящие средства, слюна, нитроглицерин, клей, соусы — со всеми этими жидкостями мы постоянно сталкиваемся в обычной жизни, но знаем о них очень мало.

Эта книга о самых известных жидкостях — притягательных и угрожающих, освежающих и склизких, живительных и взрывчатых, вкусных и ядовитых. Книга построена вокруг перелета автора из Лондона в Сан-Франциско, но это необычный рассказ: полет описывается на языке молекул, сердечного ритма и океанских волн. Маршрут пройдет над вулканами Исландии, замерзшими просторами Гренландии, россыпью озер вокруг Гудзонова залива. Затем мы повернем на юг и полетим вдоль побережья Тихого океана. На этом фоне можно поговорить о жидкостях в самых разных масштабах — от океанов до капелек в облаках, — рассмотрев параллельно занятные жидкие кристаллы в бортовой мультимедийной аппаратуре, напитки, предлагаемые стюардами авиалинии, и, конечно, авиационное топливо.

Дэниел Сигел
Разум.
Что значит быть человеком
Перевод с английского:
Василий Горохов
Манн, Иванов и Фербер,
2019



Что такое разум? Где он находится физически? Чем отличаются мозг и разум? В чем заключается опыт осознания себя? Слово «разум» употребляют в значении «интеллект» и «логика», противопоставляя душе или эмоциям. Известный психиатр и психотерапевт Дэниел Сигел использует это понятие в более широком смысле и подразумевает под ним все, что имеет отношение к субъективно ощущаемому опыту собственной жизни: от чувств и мыслей до сенсорных переживаний связей с планетой в целом.

Эта книга стоит на стыке нескольких наук: от нейробиологии и квантовой физики до антропологии и психологии. Автор исследует глубокие вопросы о сознании, субъективности и процессе восприятия информации и раскрывает самоорганизующийся аспект разума, воплощенный как в теле, так и в отношениях с другими людьми и окружающим миром.

Подробности на сайте: <https://www.mann-ivanov-ferber.ru/>



Художник Владимир Ренчин

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Судьба батарейки

Куда девать старые литиевые батарейки? Точнее, не батарейки, а батареиши? Этот вопрос возникает у многих горожан, которые видят стремительно растущий парк электрических средств передвижения — от самокатов до электромобилей. Аккумуляторы таких средств передвижения в разы больше, чем для питания всякой мелкой техники вроде телефонов, и гораздо опаснее, но рано или поздно они выйдут из строя. Куда их девать?

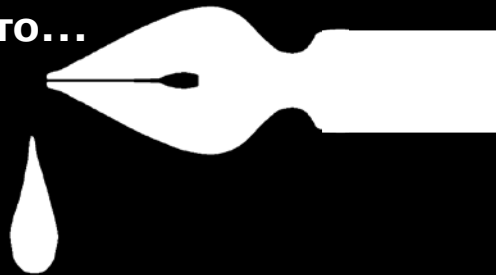
Швейцарская ассоциация импортеров автомобилей, проявляя то, что называется социальной ответственностью бизнеса, озаботилась этой задачей заранее, еще до того, как она выросла до масштабов проблемы. Она обратилась к специалистам швейцарской Федеральной лаборатории материаловедения EMPA с просьбой посмотреть, какие технологии имеются и во сколько обойдется утилизация. Специалисты задание выполнили и представили отчет (агентство «AlphaGalileo», 12 августа 2019 года). Из него следует, что уже существуют технические справочники для рабочих, в которых сказано, как обращаться с той или иной батареей и как ее безопасно отсоединить от питаемого ею устройства. Есть и контейнеры для перевозки таких батареек — они ведь взрыво- и пожароопасны.

А для переработки придумано два процесса. В одном, чтобы не тратиться на меры безопасности, батарейки попросту сжигают. Медь, никель и кобальт образуют сплав, который утилизируют, а вот углерод, алюминий и, что особенно жалко, потенциально дефицитный литий теряются безвозвратно. Если идти другим путем, то сначала надо полностью разрядить батарейки и уже затем, в атмосфере азота, сдерживающего горение, размолоть их в мелкую пыль. Горючий жидкий электролит в ходе этого процесса отсасывают, а получившиеся твердые частицы заливают химикалиями и разделяют на компоненты. Так удастся спасти более 90% всех материалов. Есть еще группа мечтателей, которая хочет собирать использованные батарейки, ремонтировать их и давать им новую жизнь, например, для хранения солнечной энергии; непонятно, насколько это безопасно — старые литиевые батарейки взрываются охотнее, чем новые.

В общем, как это принято в современном мире, инженеры свою часть работы по утилизации ценного мусора выполнили. А вот политики, которые должны дать технические регламенты, стимулирующие сбор и переработку батареек, явно от них отстают.

С.Анофелес

Пишут, что...



...фрагмент черепа, найденный в греческой пещере Апидима, принадлежал человеку современного типа, жившему 210 000 лет назад, минимум на 160 000 лет раньше, чем самый ранний из до сих пор известных *Homo sapiens* на территории Евразии («Nature», 2019, 571, 500–504; doi: 10.1038/s41586-019-1376-z)...

...трехмерное численное моделирование обтекания горячего юпитера HD 209458b звездным ветром от родительской звезды с учетом собственного магнитного поля и магнитного поля ветра подтверждает, что типичные горячие юпитеры должны иметь безударные индуцированные магнитосферы, аналогов которых в Солнечной системе, скорее всего, нет («Астрономический журнал», 2019, 96, 7, 547–562)...

...Pluribus, искусственный интеллект для игры в покер, победивший четырехкратного чемпиона World Series of Poker, поможет создавать более эффективные алгоритмы для торговли на Уолл-стрит, политических переговоров и кибербезопасности («Science», 2019, eaay2400, doi: 10.1126/science.aay2400)...

...журнал «Science» опубликовал несколько статей о новейших разработках в области искусственных мышц из углеродных нанотрубок или полимеров («Science», 2019, 365, 6449, 145–150; doi: 10.1126/science.aaw2502; 150–155; doi: 10.1126/science.aaw2403; 155–158; doi: 10.1126/science.aaw3722)...

...в результате плазменной обработки используемых в медицине эластичных полиуретанов изменяются рельеф и гидрофобность поверхности, провоцируя рост грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также образование биопленок («Биофизика», 2019, 64, 3, 527–534)...

...устройство весом 307 г, прикрепленное к колену пользователя, может генерировать 1,6 микроватта энергии за счет движения ноги при ходьбе; этой энергии достаточно для питания оборудования, отслеживающего состояние здоровья, и устройств GPS («Applied Physics Letters», 2019; 115 (3): 033901; doi: 10.1063/1.5098962)...

...тромбоциты в ходе эволюции возникли у животных, похожих на утконосов, и тромбоцитарный механизм остановки кровотечения стал предпосылкой к возникновению живорождения, характерного для современных плацентарных млекопитающих («Biology Letters», 2019, 15: 20190374; doi: 10.1098/rsbl.2019.0374)...

...при анализе микро- и мезорельефа коренных зубов палеонтологических остатков мелких млекопитающих для реконструкции их рациона надо учитывать, что костные остатки, прошедшие через пищеварительную систему птиц, могут претерпеть настолько серьезные изменения, что становятся полностью неинформативными («Доклады Академии наук», 2019, 486, 5, 638–642)...

...основные морфологические черты системы мегафестонов, или песчаных волн, на одном из участков побережья залива Терпения острова Сахалин неизменны на протяжении более 60 лет («Океанология», 2019, 59, 3, 497–505)...

...у мышей, пробывших три недели на МКС, в тканях семенников и семявыносящих протоков изменилась экспрессия некоторых генов, что может привести к нарушениям сперматогенеза («Scientific Reports», 2019, 9, 9730; doi: 10.1038/s41598-019-46324-3)...

...низкое соотношение К/Са и Р/В в покоящихся спорах грибов говорит об их более быстром выходе из состояния покоя, что особенно важно знать для мицелиальных грибов, которые используются в биотехнологических процессах, и для клинически важных штаммов («Микробиология», 2019, 88, 4, 450–457)...

...брюхоногий моллюск *Chrysomallon squamiferum* стал первым глубоководным животным, оказавшимся под угрозой исчезновения из-за добычи полезных ископаемых на морском дне («Nature Ecology & Evolution», 2019, 3, 1134; doi: 10.1038/s41559-019-0930-2)...

...анализ данных о перемещении самки белого медведя с ошейником со спутниковым передатчиком показывает, что даже при наличии морского льда медведи предпочитают сушу («Исследование Земли из космоса», 2019, 3, 80–91)...

...исследована реакция белых националистов на результаты генетического тестирования, которые показали, что они не вполне белые («Social Studies of Science», 2019; doi: 10.1177/0306312719861434)...

...водные экстракты кузнечиков, сверчков и шелковичных червей в пять раз богаче антиоксидантами, чем апельсиновый сок («Frontiers in Nutrition», 2019; doi: 10.3389/fnut.2019.00106)...

...30-тонные мегалиты, из которых состоит Стоунхендж, возможно, были доставлены к месту постройки на полозьях, смазанных свиным жиром («Antiquity», 2019; doi: 10.15184/aqu.2019.62)...

Художник Андреас Мюллер



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Человечество едино?

Все люди равны, поскольку принадлежат к одному виду *Homo sapiens*, и, стало быть, с биологической точки зрения качественных различий между ними быть не может, только в рамках внутривидового разнообразия. Например, все больше генетиков ставят под сомнение даже существование рас, отмечая, что различие наблюдается чисто визуально, а глядя на геном, провести четкие границы не представляется возможным. Да это и не нужно: различие геномов представителей разных рас может быть меньше, чем даже у представителей одной нации.

Некоторые энтузиасты в равенство не верят и проводят генетические штудии, например выясняя, кто тут условный абориген, а кто — из условных понаехавших, но это политика, а не наука. Ученые стараются от такой опасной темы держаться подальше: если и заглядывают в глубь веков, то с целью понять, как развивалось человечество. И порой случаются неприятные открытия.

Например, группа ученых во главе с португальским биологом Жуаном Тейхейрой из Австралийского центра исследований древней ДНК («Proceedings of the National Academy of Science», июль 2019 года), выяснили, что чистых-то сапиенсов вовсе и нет: в разных местах планеты человеческие предки скрещивались с человекообразными представителями по меньшей мере четырех разных видов.

Первые из них — всем известные неандертальцы, которые оставили след в 2% нашего генома. Они есть во многих популяциях, причем свободных от неандертальского следа больше всего в Африке. Вторые — менее известные, но родственные неандертальцам денисовские люди. Они обитали на востоке Азии. Это значит, что во время исхода из Африки с ними могли встретиться лишь те сапиенсы, что пошли на восток. А те, кто встретился, образовали новый гибрид. Но это не всё. Изучая геномы жителей Индонезии, Филиппин, Зондских островов, Тейхейра и его коллеги нашли следы еще двух скрещиваний с представителями исчезнувших без следа человекообразных существ.

Иными словами, различия людей не сводятся к внутривидовому разнообразию, вызванному всякими полезными изменениями некоего исходного генома Адама-Евы, они порождены и вкладами разных предковых видов. В общем, японцы с присущим им изяществом напрашивающуюся мысль сформулировали давно: «Чарльз Дарвин доказал, что белый человек произошел от обезьяны. Но мы-то произошли от богов».

А.Мотыляев



Старость

Павел Бубнов-Гордиенко

Л.А. НИКАНОРОВОЙ, Москва: *Не бойтесь, ртути в электронном градуснике нет, датчик температуры в нем — терморезистор, но батарейку градусника лучше утилизировать в соответствии с правилами утилизации источников питания.*

С.В. МИРОНОВУ, Москва: *Составы для пропитки древесины, защищающие от возгорания, содержат антипирены; эти вещества при контакте с огнем вспениваются, образуя огнестойкий теплоизоляционный слой, который препятствует доступу кислорода и нагреву древесины до температуры воспламенения.*

М.Е. ВОРОБЬЕВОЙ, Смоленск: *Есть разные способы сделать блестящий металл матовым, выбор зависит от того, что за металл; проще всего с медью и латунью — погрузите обезжиренный предмет в раствор столового уксуса с солью (3:1) на полчаса, потом выньте и подержите несколько часов, не вытирая.*

О.С. САРКИСЯН: Санкт-Петербург: *Компоненты запаха клопа — транс-2-деценаль и транс-2-октеналь, сходные ненасыщенные альдегиды найдены и в коньяке; впрочем, запах транс-2-деценала в небольших концентрациях описывают как «апельсиновый», транс-2-октеналя — как «цитрусовый».*

А.Л. БОГДАНОВОЙ, Екатеринбург: *Нитрокофе — это холодный кофе, газированный азотом, который, по уверениям тех, кто пробовал, придает ему особенный сливочный вкус.*

Н.З. АКАСОВУ, Альметьевск: *Огурцы делают горькими кукурбитацин В и кукурбитацин С; по идее, они должны накапливаться в листьях и предотвращать поедание травоядными животными, но иногда оказываются и на коже плодов.*

О.В. БЕЗБОРODOVУ, Подольск: *Моллюскоциды — химические средства, уничтожающие моллюсков; средства против брюхоногих моллюсков и слизней рода Lymnaea иногда называют также лимацидами.*

Л.В., электронная почта: *Генетическое объяснение фрактальности жизни, как и других ее форм, безусловно, должно существовать, другое дело — будет ли оно единым для всех проявлений фрактальности в природе.*

У каждого человека однажды наступает момент, когда старость уже не кажется невозможно далеким явлением, случающимся с кем-то другим. Старость — как бойцовая собака. Один раз сжав челюсти, уже не отпустит. Тускнеющие волосы, заимевшие дурную манеру покидать шевелюру, неуловимо изменившийся запах пота, скачки давления, одышка. С первых симптомов приходит четкое осознание, что эта неприятная и почти всегда затяжная болезнь неминуемо оканчивается смертью.

Вчера Марте полностью заменили гортань. С новой системой питания необходимость пережевывать и глотать отпала еще несколько лет назад. Глазные протезы с пожизненной гарантией безотказно служили ей уже четыре года, а биомеханические ноги выглядели лучше, чем родные в двадцать. Удивительно, но при бережном отношении печень сохраняется намного лучше остальных органов. Марта не переносила алкоголь и всячески чуралась иных вредных привычек. Искусственное сердце исправно снабжало кислородом клетки ее родной железы внешней секреции, а также центральной нервной системы, разнося подобие крови по сети синтетических капилляров и вен. Печень и мозг. Это всё, что осталось от прежней Марты. Кроме имени, разумеется.

— Это неправильно, Марта. — Все еще крепкий шестидесятилетний мужчина с вызовом смотрел в кукольное личико обманчиво хрупкой девушки. Почти живой. Пугающе настоящей.

Родной сын перестал называть ее матерью с тех пор, как Марта впервые обратилась в «Механикл Соул».

— Пожалуйста, не начинай, дорогой Роберт. — Мелодичный голосок просительно зазвенел, отражаясь от белоснежного пластика стен. — Или ты не рад, что я до сих пор жива?

— Это — неестественно, — с глубокой печалью произнес мужчина. — Люди практически неограниченно продлевают жизнь с помощью механических «костылей», бесконечно клонируют домашних питомцев, создают электронные копии своих погибших детей... Узаконенные браки людей и роботов... А «Ямато Казоку», первый семейный завод, где все члены династии — промышленные агрегаты? Я уверен, что не все они добровольно отказались от человеческого облика.

— Успокойся, милый. В прогрессе нет ничего плохого. Каждый волен выбирать, исходя из собственных желаний, ограниченный лишь своими финансовыми возможностями и фантазией дизайнеров. Это ли не свобода духа над телом?

— Нет, Марта. Это лицемерные игры в богов. Кстати, такое, как у тебя, — указательный палец ткнул в сторону девушки, — могут себе позволить очень немногие. — Роберт предостерегающе вскинул руку, прерывая возможный поток возражений. — В простом человеке убили возможность чего-то желать, помимо тупого продления жизненного срока. «Трудись достойно, живи дольше».

— Что в этом такого ужасного?

— Люди не развиваются. Предел мечтаний — получить кредит на дешевый протез, чтобы протянуть лишний десяток лет. При этом работая еще усердней, чтобы успеть погасить старый займ и взять новый. Таких — большинство.



Художник Е. Станикова

НАНОФАНТАСТИКА

Мужчина устало помассировал виски кончиками указательных пальцев, спрятав на несколько секунд лицо в широких ладонях.

— Это неправильно, Марта. — Роберт взглянул на девушку так, как будто только что ее увидел. Он с сомнением ммурил лоб, явно сисясь что-то вспомнить.

Марта мягко подошла к сыну. Узкая ладошка, так похожая на настоящую, потянулась к лицу Роберта и спокойно прошла сквозь него. Голограмма. Это все, что осталось ей в утешение от умершего сына. Сына, упрямо не желающего идти в ногу с прогрессом. Сына, которого убила старость.



Углерод,

кислород,

азот –

Атомы

строятся

в ряд.

ДНК и белки,

целлюлоза и ПЭТ –

Полимеры

всем

рулят!

