



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

5 /2018



Этот номер издан
при поддержке
компании «Биоамид»





НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

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

Редакторы и обозреватели

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

Подписано в печать 4.5.2018

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

Адрес редакции

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

Адрес для переписки
119071, Москва, а/я 57

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

<http://www.hij.ru>

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

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

«Арзи» — Объединенный каталог
«Пресса России», индексы — 88763 и 88764

(рассылка — «Арзи», тел. 443-61-60)

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

«Информсистема» — (495) 127-91-47

«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

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

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа художника Ли Чана. Ребенок
видит то, что ему показывают.
От этого зависит его картина мира.
Подробнее в статье «Что и как
читают школьники».*

*Уступите искушению —
ведь оно может
не повториться*

*Следствие из Закона
долгосрочного планирования*

Содержание

Эксперимент «ПОЛЕТ» В ИММЕРСИОННОЙ ВАННЕ. Александр Хохлов.....	2
Проблемы и методы науки ЛУННАЯ ПЫЛЬ. С.И.Попель.....	5
МНОГОГРАННЫЕ БОРАНЫ. М.М.Левицкий.....	10
Элемент № ФРАНЦИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев	13
Проблемы и методы науки ЧЕТНОСТЬ В АТОМАХ. Мари-Анна и Клод Бушья	17
Хемоскоп ПРОЖАРЕННЫЙ ДО ГРАФЕНА ТОСТ. ХОЛОДОСТОЙКИЙ ЛИТИЙ-ИОННЫЙ АККУМУЛЯТОР. САМАЯ ДЛИННАЯ СВЯЗЬ УГЛЕРОД-УГЛЕРОД. А.И.Курамшин	18
Болезни и лекарства НЕНАСТОЯЩАЯ КРОВЬ. А.И.Курамшин	20
Сто химических мифов БИОТЕХНОЛОГИИ – САМЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ? И.А.Леенсон.....	24
Образование ЧТО И КАК ЧИТАЮТ ШКОЛЬНИКИ. Л.А.Ашкенази, А.В.Кузнецова	26
Здоровье АНТИОКСИ. Н.Л.Резник.....	30
Нанофантастика КУКЛА. Валентин Гусаченко.....	33
Мемуары Игнобеля О МАГНИТНОМ УПОРЯДОЧЕНИИ ПСОВ. С.М.Комаров.....	42
Страницы истории ХИМИК СПАСАЕТ РОССИЮ. В.Б.Фенелонов.....	40
Почему бы нет? ДЕЛО О ПОСЛЕДНЕМ ПТЕРОЗАВРЕ. Григорий Панченко.....	45
Полвека тому вперед НЕВИДИМОЕ ИЗ ВИДИМОГО. П.А.Николайчук	48
Страницы истории РОБЕРТ ВУД, КОРОЛЬ ЭКСПЕРНИМЕНТА.. С.В.Багоцкий	50
Панацейки ВОЛЧЬЯ ЯГОДА ГОДЖИ. Н.Ручкина.....	54
Фантастика ДВЕРИ САВАННЫ. Эдуард Шауров.....	56
Химики и лирики БЕССМЕТТИЕ НЕ ДЛЯ РЫЖИХ. Владимир Борисов, Александр Лукашин	64

ИНФОРМАЦИЯ	29	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	51	ПИШУТ, ЧТО...	62

Долгожданный, уникальный, удобный!

ХИМИЯ И ЖИЗНЬ
пополняемый архив с января 1965 по текущий месяц

вход

о журнале

получить свежий номер

помощь

Центр «НаукаПресс» **СИБУР** Техподдержка и подписки на обновления: info@hij.ru, www.hij.ru

Художник А. Кукушкин

Вы покупаете архив, устанавливаете на свой компьютер, и он автоматически обновляется каждый месяц. Все самое интересное легко найти и в старых, и в новых номерах. Бесценные рассказы об ученых, о проблемах и методах химии, биологии, физики, материаловедения, история развития науки и техники, смелые гипотезы и идеи, опыты юных химиков, размышления мудрецов, антология научной фантастики второй половины XX – первой половины XXI века, рисунки ведущих художников-графиков, в общем, то, о чем более полувека пишет журнал «Химия и жизнь», есть в его электронном пополняемом архиве.

Цена 1600 р. на флеш-карте с доставкой почтой РФ и 1300 р. при самостоятельном скачивании дистрибутива с сайта. Узнать подробности об архиве и купить его можно на сайте журнала: www.hij.ru, отправив письмо по адресу redaktor@hij.ru или позвонив в редакцию по телефону (495) 722-09-46 с 11 до 17-30 по рабочим дням.

Системные требования к рабочему месту для пользования архивом – персональный компьютер под управлением MS Windows 7.0 и старше, подключаемый напрямую, то есть мимо прокси-сервера, к сети Интернет во время установки и обновления. Ограничение: в сетях с центральным сервером и консолями доступа работоспособность архива не очевидна.

«Полет» в иммерсионной ванне



Фотографии Олега Волошина/ИМБП РАН

Александр Хохлов

Мечты о полете в космос порой приводят к удивительным последствиям на Земле. Тем, кто хочет ощутить на себе воздействие космического полета, необязательно покидать нашу родную планету. Так случилось и со мной — многолетняя работа в космической отрасли и три попытки пройти отбор в отряд космонавтов привели меня пока не в космос, а в ванну сухой иммерсии в Институте медико-биологических проблем Российской академии наук (ИМБП РАН).

Почему ванна и почему сухая иммерсия? И какая связь с космосом и невесомостью?

В июне 1970 года два советских космонавта Андриян Николаев и Виталий Севастьянов совершили рекордный по продолжительности автономный полет (без стыковки с орбитальной станцией) в космическом корабле «Союз-9». Экипаж пробыл в замкнутом пространстве корабля 17 суток 16 часов

58 минут 55 секунд, из тренажеров у них был только ручной эспандер. И, несмотря на то что они много работали по программе полета, фактически они просто парили в невесомости без физической нагрузки.

Вернувшись на Землю, космонавты не могли самостоятельно передвигаться и попали в госпиталь в тяжелом со-

стоянии. Врачи зафиксировали серьезную мышечную атрофию и негативные реакции со стороны сердечно-сосудистой системы как результат гиподинамии и гипокинезии. Космонавтам потребовался продолжительный курс реабилитации. С тех пор в медицине появился термин «эффект Николаева».

После этого случая космические врачи-исследователи Института медико-биологических проблем получили задачу: смоделировать невесомость на Земле и разработать средства профилактики ее неблагоприятного воздействия. Ведь ИМБП и был создан в 1963 году по инициативе академиков М.В. Келдыша и С.П. Королева для медико-биологического обеспечения пилотируемых космических полетов — в перспективе и до Марса, а это почти семь месяцев в одну сторону.

Ученые нашли три способа имитации условий невесомости на Земле, каждый из которых используется для определенных целей.

Первый — настоящая невесомость при полете в самолете по параболической траектории, но ее непрерывная длительность всего 20—22 с.

Второй — антиортостатическая гипокинезия (АНОГ): испытуемый лежит вниз головой на специальной кровати с углом наклона от -6° до -30° . Такой метод позволяет изучать влияние симметрированной невесомости в первую очередь на кровеносную и лимфатическую системы. На костно-мышечный аппарат она действует тоже, но медленно, требуется как минимум несколько недель, а лучше несколько месяцев.

Третий — сухая иммерсия (от англ. immersion — «погружение»): испытуемых укладывают в специальную ванну или небольшой бассейн, закрытый пленкой, которая предотвращает контакт с водой. В этом случае влияние «невесомости» на организм проявляется гораздо быстрее, в среднем за 3—5 суток. Эта модель обеспечивает основные факторы, влияющие на состояние космонавтов в невесомости: физическую разгрузку, перераспределение жидкости и отсутствие опоры.

Изначально иммерсия проводилась просто в бассейне, где испытуемые в плавках находились в пресной воде, но из-за проблем с кожей в ИМБП придумали использовать пленку.

Модельные эксперименты с сухой иммерсией позволили найти причины «эффекта Николаева» и методы профилактики. Экипажи орбитальных станций стали ежедневно по два часа заниматься физкультурой с помощью тренажеров

Условное положение испытателя в сухой иммерсии. Внизу ванны стоит подъемник с электрическим приводом. Специальная платформа с отверстиями для быстрого прохода воды позволяет поднимать и опускать испытателя



(беговая дорожка, велоэргометр, силовой нагружатель или эспандеры). Эффективность была доказана на испытуемых, лежавших в бассейнах: они занимались с тренажерами на подвесах, возвращаясь каждый раз в безопорное положение, — атрофию мышц удалось серьезно сократить. Также в ИМБП разработали костюмы и специальные средства для компенсации отсутствия веса и опоры, их тоже испытывали в иммерсии (например, костюм аксиальной нагрузки «Пингвин», создающий осевую нагрузку на опорно-двигательный аппарат и скелетную мускулатуру).

Вершиной работы специалистов стали два полета в 80-е и 90-е годы на орбитальную станцию «Мир» космонавта-врача из ИМБП Валерия Полякова: первый — 240 суток 22 часов 35 минут и второй (на сегодняшний день абсолютный рекорд) — 437 суток 17 часов 59 минут. Полет на Марс стал ближе к реальности.

Эксперименты с сухой иммерсией продолжают и сейчас. У ученых появилось новое оборудование и усовершенствованные методики исследований. Кроме того, на Земле можно применять сложные методы обследования, например биопсию или магнитно-резонансную томографию, недоступные на орбите. Исследователей интересует более глубокое понимание причин острой адаптации космонавтов на орбите и сопровождающих ее болей в спине и метеоризма.

Добровольцем-испытателем на одном из таких экспериментов, а именно: «Эффективность низкочастотной ЭМС в предотвращении мышечной детренированности, развивающейся в условиях наземного моделирования условий космического полета», мне посчастливилось быть. В ИМБП регулярно проводят наборы испытуемых, участие в исследованиях оплачивается.

И хотя к требованиям отбора относятся не только рост, масса, возраст



ЭКСПЕРИМЕНТ

и пол (в иммерсию берут пока только мужчин — из-за ряда бытовых и физиологических причин), но и место жительства (предпочтение москвичам, чтобы далеко не ездить), мне, петербуржцу, удалось попасть в эксперимент. Для начала потребовалось доказать, что я здоров — это анализы, справки из диспансеров и врачебная комиссия в клиническом отделе ИМБП (знаменитый «Детский садик»), где до 2010 года обследовали гражданских кандидатов в космонавты.

Само погружение в ванну сухой иммерсии в нашем случае продолжалось пять суток (бывают еще трех- и семисуточные эксперименты), но весь эксперимент для каждого из десяти испытуемых длился примерно три недели. В первую неделю исследователи делают фоновые измерения, во вторую — испытуемый находится в ванной, а в третью — снимаются данные о возвращении организма в привычное состояние. Никаких последствий для здоровья от эксперимента нет.

В рамках большого эксперимента было много исследований с названиями, вызывающими улыбку, — «Поза», «Полевой тест», «Зрение», «Дыхание», «Н-рефлекс», «Педаль», «Альгометрия», «Капилляр», «Стопа», «Архитектура», «Динамометр», «Вулкан-И» и другие. Почти все они аналогичны тем, что проводятся с космонавтами до и после полета и на борту Международной космической станции (МКС). Так как воздействие сухой иммерсии по ряду параметров очень близко к невесомости в космосе, испытуемые на Земле вносят большой вклад в «расширение статистики», тем более, что экипаж российского сегмента МКС с 2017 года сократили с трех до двух человек.

Погружение в ванну было торжественным, обычно в эти моменты включается подходящая к случаю музыка с телефона. Первые часы без опоры ощущаются легко, некоторым это даже приносит удовольствие. Температура воды комфортная — у меня она все пять суток была 31°C , а вот испытуемый из соседней ванны попросил поднять ее до 33°C .

Пленка облегла тело со всех сторон, наружу выглядывали только голова и



ЭКСПЕРИМЕНТ

руки. Кожу защищала простыня, которую меняли каждые сутки, а иногда чаще. Из одежды — носки, трусы и футболка.

Я и мой коллега находились одновременно в двух соседних ваннах стенда сухой иммерсии лаборатории гравитационной физиологии сенсомоторной системы ИМБП. Но погружение и выемка проходили с разницей в одни сутки, для удобства исследователей.

Скучать в иммерсии не приходилось, один эксперимент сменялся другим, ведь ученых интересует работа в гипогравитации вестибулярного аппарата, тактильной, болевой, слуховой, кровеносной, зрительной систем организма.

Все три недели, и особенно в ванне, я жил по строгой циклограмме эксперимента, где все было расписано поминутно, чтобы исследования выполнялись без нарушений их требований.

Всегда, днем и ночью, рядом с нами находилась дежурная бригада, состоящая из врача, лаборанта и техника/инженера. Они кормили (трехразовое питание, по количеству калорий аналогичное рациону космонавтов), обеспечивали круглосуточный контроль здоровья и исправности приборов. Дежурные помогали постановщикам экспериментов, когда это требовалось.

Каждый вечер нас поднимали из ванны на 15 минут для замера роста, массы, гигиенических процедур и туалета. Однако, например, справлять малую нужду в течение суток приходится в утку, что в условиях иммерсии не так-то просто.

Ежедневно, во второй половине дня, проводилась трехчасовая низкочастотная электромиостимуляция (ЭМС), которая используется для компенсации вредного воздействия невесомости на космонавтов; она также полезна пожилым и больным людям с ограниченной подвижностью на Земле. Стимуляция ощущается как точечные ритмичные похлопывания/покалывания по бедрам и голеням. Данные о состоянии испытуемых, полученные в этом эксперименте с ЭМС, ученые сравнивают с результатами прошлых иммерсий, без воздействия низкочастотного электромиостимулятора «Стимул-НЧ», созданного в конструкторском технологическом бюро «Биофизприбор» (Санкт-Петербург).



Уже в первую ночь я ощутил, что пролежать пять суток в ванне — это не отдых. И хотя есть люди, которые очень быстро и практически без неприятных ощущений проходят адаптацию к необычным условиям, большинство, как и космонавты на орбите, начинают чувствовать боль в спине, иногда метеоризм (вздутие живота и повышенное газообразование в кишечнике). Бывают и другие не самые приятные ощущения, в том числе нарушение сна. Я в первую ночь спал всего два часа. Мне повезло со спиной. Конечно, мой позвоночник растянулся и рост со вторых суток был не 169, а 172 см, но сильных болей не было, просто неприятные ощущения, которые прошли к четвертым суткам. А вот с животом было сложнее.

Однако все эти моменты компенсировались вниманием персонала ИМБП и пониманием важности участия в таких исследованиях, где от каждого испытуемого зависит успех работы ученых.

На пятые сутки чувствовал себя замечательно — началась эйфория от того, что я выдержал, и наступила адаптация к условной невесомости. В предыдущие дни я честно писал в социальных сетях, что мне нехорошо, и получил немалую поддержку от друзей. Они даже устроили своеобразный флешмоб, присылая фотографии со словами «Саня, держись!». Особенно приятно было получить снимок с МКС от Антона Шкаплерова и Олега Артемьева.

Современным испытуемым, конечно, легче — разрешается пользоваться смартфонами с Интернетом. В свободное время я писал дневник из ванной,

общался дистанционно с друзьями, слушал музыку и читал бумажную книгу «За пределами Земли».

Утром, завершавшим пятые сутки иммерсии, меня извлекли из ванны, без торжества, как на «вкладке», но предельно аккуратно. Первые минуты и часы «возвращения на Землю» — самые ценные для ученых. На каталке меня отвезли в лабораторию для первых тестов. Встать и держать равновесие было не просто, у меня тряслись ноги, болела голова, будто я сдал как донор 470 мл крови. Но с каждой минутой «в гравитации» я приходил в норму. В первые сутки еще ощущал недомогание, на второй день передвигался очень бодро, а на третий уже и не чувствовал, что совсем недавно лежал в иммерсионной ванне.

Испытуемые часто называют дни в ванне «полетом». По итогам эксперимента я был согласен с этим, чувство внутреннего удовлетворения вполне могло сравниться с ощущениями от успешно совершенного космического полета.

Интересно, что этой осенью в ИМБП планируется провести рекордную за последнее годы иммерсию — 21 сутки. Максимальная же длительность иммерсии за всю историю составила 56 дней (Е.Б. Шульженко, И.Ф. Виль-Вильямс, 1973 год).



Лунная пыль

Доктор
физико-математических наук

С.И. Попель,

Институт космических исследований РАН

Есть ли на Луне пыль? Что говорили об этом Азимов, Кларк, Сергей Королев? Что показал эксперимент? А есть ли пыль вокруг Луны?

Вернувшись на корабль, затолкал свой скафандр в контейнер и припоминаю теперь, что он весь был покрыт тонкой пылью. Какой-то странной пылью, на ощупь сухой и мелкой, как соль; ее трудно было стереть с рук.

Станислав Лем. Мир на Земле

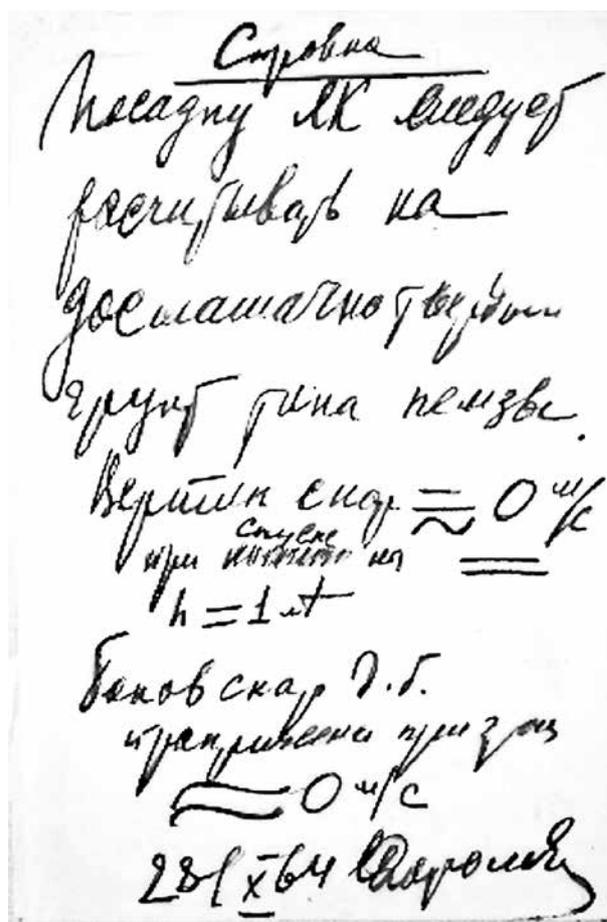
Вокруг — не совсем вакуум

Не так давно человечество отметило 60-летний юбилей начала космической эры — 4 октября 1957 года был запущен первый советский искусственный спутник Земли. После этого многие интеллектуалы начали размышлять о предстоящих лунных миссиях. В 1959 году американский фантаст и популяризатор науки Айзек Азимов опубликовал научно-популярную статью «14 Million Tons of Dust Per Year» в журнале «Science Digest». Хотя «14 миллионов тонн» относились к количеству пыли, падающей на всю поверхность Земли за год, эти данные позволили оценить ожидаемую толщину слоя пыли на лунной поверхности в несколько десятков метров. Основываясь на этих предположениях, британский фантаст Артур Кларк в 1961 году написал научно-фантастический роман «Лунная пыль». Согласно сюжету романа, на Луне, покрытой очень толстым слоем пыли, между поселениями курсируют специальные корабли-пылеходы.

Проекты долговременного лунного поселения разрабатывали в СССР примерно с 1960 года в конструкторском бюро общего машиностроения под руководством В.П. Бармина. Идею создания таких поселений выдвинул С.П. Королев, а за образец приняли модули, используемые при устройстве станций в Антарктиде. Часть специалистов предполагала, что пылевой слой поглотит любой прилунившийся аппарат, а



1
Экспедиция «Аполло-17». Харрисон Шмитт собирает частицы лунного грунта. Нижняя часть скафандра покрыта пылью

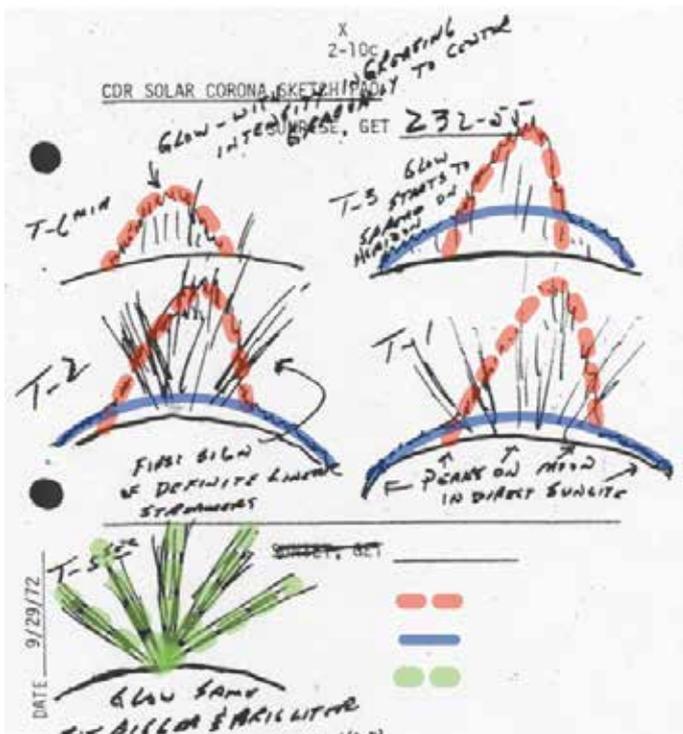


ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

тем более постройку. Существует легенда, что бесконечным спорам по этому поводу положил конец сам С.П. Королев. На одном из совещаний он написал в блокноте: «Луна — твердая. С. Королев», поставил дату, расписался и вручил листок с «резолуцией» своему оппоненту. Легенда легендой, но сохранилась его записка с примерно таким — по смыслу — текстом.

Королев оказался прав. Уже в 1966 году советская автоматическая станция «Луна-9», сконструированная с учетом предположения о достаточно твердом лунном грунте (типа пемзы), совершила посадку на ее поверхность. Американские астронавты, побывавшие на Луне в 1969—1972 годах, выяснили, что слой пыли на лунной поверхности не превышает нескольких сантиметров или десятков сантиметров. За счет адгезии эта пыль прилипает к скафандрам астронавтов (рис. 1), поверхностям космических аппаратов, приборам и устройствам. На поверхности приборов, покрытых пылью, резко возрастает поглощение солнечного излучения, это может повлечь перегрев; возможны и другие неприятности. На скафандрах пыль заносится внутрь лунного модуля, и весь трехдневный обратный путь на Землю астронавты будут вдыхать ее частицы, взвешенные в воздухе в состоянии невесомости. Таким образом, лунная пыль — существенный фактор риска и для здоровья астронавтов.

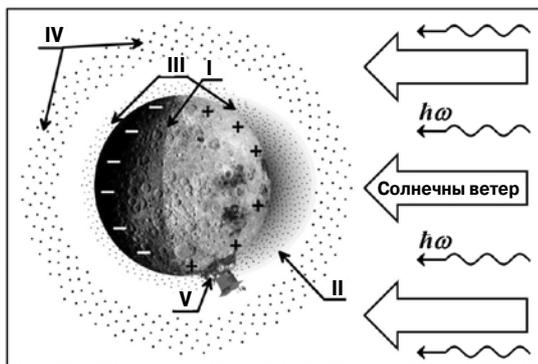
Во время космических миссий кораблей «Аполло» к Луне было замечено, что солнечный свет рассеивается в области терминатора: зоны между «днем» и «ночью». Это, в свою очередь, приводит к формированию лунных зорь («lunar horizon glow») и стримеров над лунной поверхностью (рис. 2). Последующие наблюдения показали, что рассеяние света, скорее всего, происходит на заряженных частицах пыли, источником которых служит поверхность Луны. Данные спускаемых космических аппаратов «Surveyor» позволили



2
Зарисовка восхода на Луне (вид с лунной орбиты на космическом корабле «Аполло-17»), сделанная Юджином Сернаном. В правой части рисунка представлены источники рассеянного света: красным отмечено корональное и зодиакальное свечение; синим — лунные зори, обусловленные, возможно, пылью в лунной экзосфере; зеленым — стримеры — сумеречные лучи, формируемые затененным и рассеянным светом

сделать вывод, что микронные пылевые частицы могут парить приблизительно в 10—30 см от поверхности Луны. В миссиях «Аполло» проводились визуальные наблюдения с целью доказать существование субмикронной пыли в лунной экзосфере на высотах вплоть до 100 км. Наличие субмикронной пыли над Луной подтверждают недавние наблюдения американского лунного орбитального аппарата LADEE (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer). Оказалось, что вокруг Луны, по крайней мере, на высоте от 1 до 260 км, непрерывно присутствует пылевое облако.

Вообще говоря, вопреки имеющимся представлениям, пространство над Луной — не совсем вакуум. Имеется разреженная лунная атмосфера, включающая нейтральные атомы и молекулы, ионы, электроны и заряженные пылевые частицы. Вот каковы, например, концентрации газов перед восходом Солнца (данные LACE, Lunar Atmospheric Composition Experiment): CO и CO_2 — $1 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$, N_2 — $8 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}$, CH_4 — $1 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$, а что касается



3
Основные элементы плазменно-пылевой системы: терминатор (I), фотоэлектроны (II), приповерхностная пыль (III), пыль на больших высотах (IV), фотоны солнечного излучения, солнечный ветер. Показан также спускаемый аппарат (V) будущей лунной миссии на высоких широтах в Южной полусфере

инертных газов, то наличествует He — $2 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$ днем и $4 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$ ночью, и Ar — $1 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ днем и $4 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$ ночью.

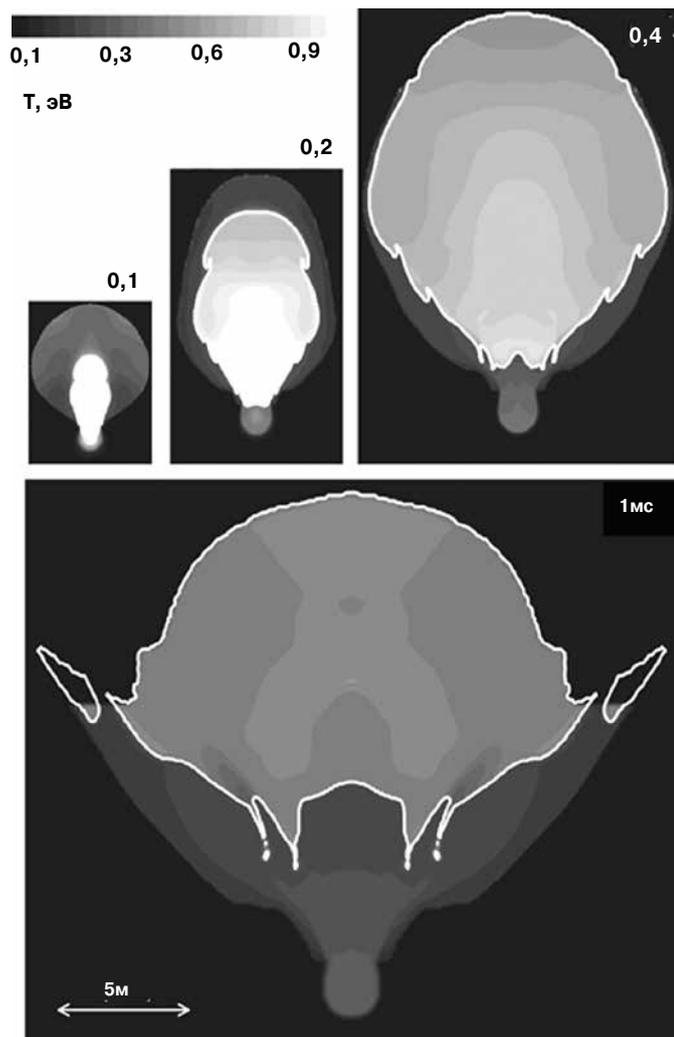
Принято считать, что пыль над лунной поверхностью живет не сама по себе, что она — составная часть плазменно-пылевой системы (рис. 3). Поверхность Луны заряжается под действием электромагнитного излучения Солнца, плазмы солнечного ветра, плазмы хвоста магнитосферы Земли. При взаимодействии с излучением лунные породы испускают электроны благодаря фотоэффекту; кроме того, они поставляются и пылевыми частицами, парящими над поверхностью Луны, которые тоже поглощают солнечный свет. Однако пылевые частицы, находящиеся на поверхности Луны или в приповерхностном слое, не только испускают, но и поглощают фотоэлектроны, а также фотоны солнечного излучения, электроны и ионы солнечного ветра; если же Луна находится в хвосте магнитосферы Земли — то электроны и ионы плазмы магнитосферы. Все эти процессы приводят к зарядке пылевых частиц, их взаимодействию с заряженной поверхностью Луны, перемещению и, возможно, подъему.

Пыль и временные атмосферы

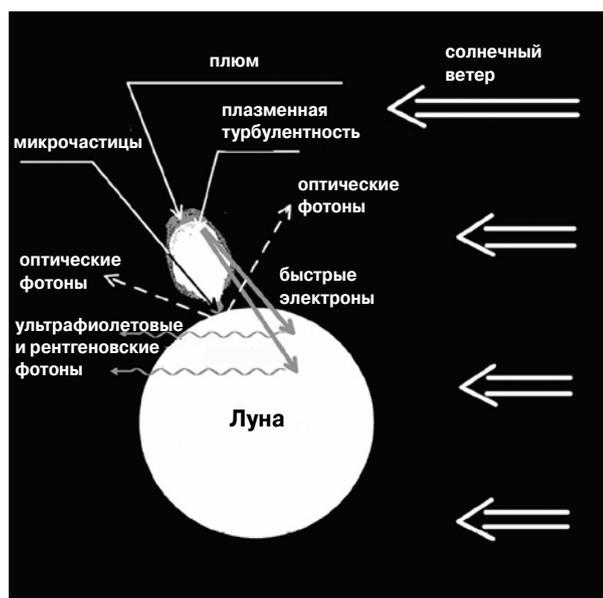
Важным источником пылевых частиц в пространстве над лунной поверхностью считаются так называемые временные атмосферы. У космических тел, не имеющих собственных атмосфер, таких как Луна, Меркурий и астероиды, эти атмосферы возникают из-за соударений с достаточно крупными метеороидами или космическими аппаратами. Такая временная атмосфера была обнаружена у поверхности Луны. Расчеты для метеороида размером 10 см, движущегося со скоростью 20 км/с, показывают, что при ударе такого метеороида о поверхность Луны образуется выброс, плюм (англ. plume — факел) из испаренного вещества, имеющий коническую форму (рис. 4). За 2,5 секунды высота плюма достигает 10 км, радиус — 5 км, а характерная плотность снижается до 10^{-15} г/см^3 . После этого начинается бесстолкновительная фаза эволюции — свободный разлет атомов и молекул. При этом из-за солнечного ветра атомы и молекулы ионизируются и образуется плазма.

Кроме электронов, ионов и нейтралов в плазме плюма присутствуют микрочастицы. Первый тип частиц — мелкие капли, они создаются в результате конденсации при расширении вещества плюма, в них успевает собраться 20—30% вещества. Такие капли имеют приблизительно одинаковый размер — около 3 мкм и летят со скоростью 3—5 км/с. Это больше второй космической скорости для Луны (2,38 км/с), поэтому они покидают Луну и часть их долетает до Земли. Второй тип частиц — пыль — выбрасывается из воронки, образованной при соударении метеороида и слоя реголита (лунной породы). Типичный размер этих частиц 30 мкм, скорость 0,3—1 км/с. Если метеороид был размером 10 см, то получится около $4 \cdot 10^{11}$ частиц. Эти частицы не покидают Луну, при скорости 0,3 км/с они падают обратно за примерно 20 с; максимальная высота их подъема 3 км. Для такого метеороида плюм расширяется до 500 км — тогда плотности плазмы в плюме и плазмы солнечного ветра сравниваются, он сливается с космическим фоном. Это происходит через 250 с после столкновения.

При этом протекает множество других процессов (рис. 5). Возникает электромагнитное излучение, в частности, в оптическом диапазоне, которое при соударениях достаточно больших метеороидов может наблюдаться даже с поверхности Земли; формируется бесстолкновительный ударно-волновой фронт, связанный с возбуждением турбулентности в плазме плюма метеороида; межпланетное магнитное поле выталкивается из области плюма; идет образование микромасштабных частиц и их зарядка; передача энергии электронам, ускорение частиц в результате взаимодействия с плазменной турбулентностью; возникают ультрафиолето-



4
Начальные стадии соударения метеороида с поверхностью Луны и процесса формирования плюма



5
Процессы при соударении крупного метеороида с поверхностью Луны: оптические фотоны, возникающие при ударе; плюм метеороида и его эволюция; формирование микромасштабных частиц в плюме; плазменная турбулентность в области взаимодействия солнечного ветра с плюмом; генерация быстрых электронов, ультрафиолетовых и рентгеновских фотонов



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

вое и рентгеновское излучение. Серьезные вычислительные модели эти процессы так или иначе учитывают.

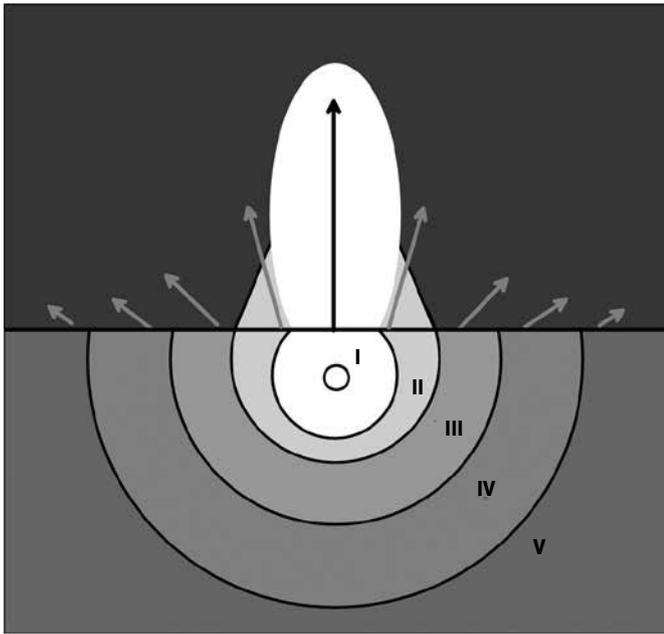
Пылевое облако над Луной

Столкновения крупных метеороидов с Луной и формирование временной атмосферы, хотя и не очень редкие, но все же нерегулярные явления, они не могут сформировать постоянное плазменно-пылевое облако над Луной. А оно существует. Кроме данных LADEE имеется также ряд косвенных свидетельств. Например, советские аппараты «Луна-19» и «Луна-22» для определения концентрации электронов над Луной проводили радиозатменные измерения — изучали прохождение радиоволн через лунную экзосферу. Оказалось, что над освещенной солнечным излучением стороной Луны, на высоте от 10 до 30 км концентрация электронов составляет $500\text{—}1000\text{ см}^{-3}$. Эти величины согласуются с данными, полученными на основе радиозатменных измерений Крабовидной туманности, что говорит об их надежности.

Объяснить существование пылевого облака удастся, если учесть удары мелких метеороидов о поверхность Луны. Концентрация пылевых частиц в облаке определяется потоком частиц, образующихся в результате ударов метеороидов и поднимающихся над лунной поверхностью. Количество соударений с лунной поверхностью метеороидов размером 10^{-5} см и более — порядка 100 м^{-2} в сутки. Большинство ударников имеют субмикронный и микрометровый размер, их средняя скорость приблизительно равна 27 км/с .

При соударении высокоскоростного метеороида с лунной поверхностью происходит сильное сжатие и нагрев вещества ударника и мишени. Из-за высокого давления образуется сильная ударная волна, распространяющаяся от эпицентра удара и при этом ослабевающая. В итоге она трансформируется в линейную звуковую волну. Вокруг центра метеороидного взрыва, расположенного под поверхностью, формируются зона испарения вещества (I), зона плавления вещества (II), зона разрушения частиц, составляющих лунный реголит, и их необратимых деформаций (III), а также зона нелинейных упругих деформаций вещества реголита (IV), характеризующая значениями давления в нелинейной звуковой волне, меньшими динамического предела упругости (рис. 6). За зоной IV находится зона линейных упругих деформаций (V), в которой звуковая волна может рассматриваться как линейная.

При распространении ударной волны вдоль лунной поверхности вдали от эпицентра метеороидного удара в приповерхностном слое формируется волна разрежения и появляется вертикальная компонента массовой скорости вещества за фронтом ударной волны, которая обычно с точностью до порядка величины совпадает с компонентой скорости, направленной вдоль поверхности. Вычисляя глубину откольного слоя, то есть слоя, в котором фрагменты с поверхности лунной породы отделяются в результате взаимодействия с волной сжатия, а также среднее значение потока метеороидов на поверхности Луны, можно найти



6
Схема, характеризующая формирование под лунной поверхностью зоны испарения вещества (I), зоны плавления вещества (II), зоны разрушения частиц, составляющих лунный реголит, и их необратимых деформаций (III), зоны нелинейных упругих деформаций вещества реголита (IV), зоны линейных упругих деформаций вещества реголита (V). Круг в зоне (I) — невозмущенный метеороид. Стрелками показан выброс материала (в том числе и пылевых частиц) с высокими скоростями с поверхности Луны из зон I—V.

количество пылевых частиц, поднимающихся в единицу времени над единицей площади лунной поверхности вследствие ударов метеороидов.

Из разных зон происходит разное количество частиц, и ведут они себя по-разному. Например, масса частиц, происходящих из зоны V линейных упругих деформаций вещества реголита и поднимающихся над поверхностью Луны на высоту, более 10 м, превосходит массу поднимающегося вещества, происходящего из других зон (I—IV), в 80 раз. Масса пылевых частиц из зон IV и V упругих деформаций, поднимающихся над поверхностью Луны на высоты, большие 10 км, в четыре раза превосходит массу поднимающегося вещества из зон I—III. Зато только материал из зоны испарения вещества (I), зоны плавления вещества (II), а также зоны разрушения частиц, составляющих лунный реголит, и их необратимых деформаций (III) может достигнуть высоты 100 км над поверхностью Луны и выше. На 700 км поднимается лишь материал, выбрасываемый ударной волной из зоны испарения (I) и зоны плавления (II).

Важную роль при формировании пылевого облака над поверхностью Луны играет зона плавления вещества (II). Прежде всего, значительная доля частиц, образованных из вещества этой зоны, обладает скоростью, меньше второй космической скорости для Луны, то есть они не покидают ее навсегда, движутся по финитным траекториям и в итоге возвращаются на поверхность Луны. Кроме того, из-за фрагментации вещества из зоны плавления число частиц оказывается достаточно большим.

Процесс образования частиц из зоны плавления качественно выглядит так. В результате метеороидного удара пористый реголит сжимается ударной волной до плотностей сплошного вещества. Если при выходе ударной волны на свободную поверхность давление за фронтом волны оказывается больше порогового давления полного плавления, но при этом меньше порогового давления полного испарения, то материал оказывается полностью расплавленным (зона II). После выхода ударной волны на свободную поверхность оболочка выбрасывается в свободное пространство находящимся позади нее расширя-

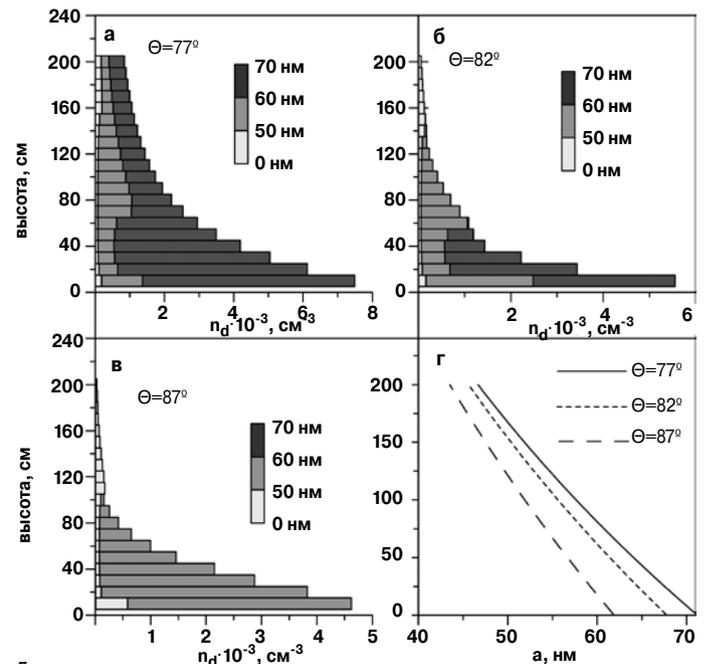
ющимся паром. Материал, выбрасываемый ударной волной в свободное пространство из зоны плавления вещества (II), представляет собой жидкость, распадающуюся на фрагменты. Равновесные капли образуются, когда в капельно-паровом потоке объем, занимаемый паром, становится сопоставимым с объемом жидкости. Численная модель позволяет оценить концентрацию капель, и результат соответствует наблюдаемой в рамках миссии LADEE концентрации пылевых частиц в облаке. Поднимаясь над поверхностью Луны, жидкие капли расплава затвердевают и, взаимодействуя с электронами и ионами солнечного ветра, а также с солнечным излучением, приобретают электрические заряды.

Поскольку поток метеороидов (в том числе и микрометеороидов) на лунную поверхность есть всегда, пылевое облако над Луной существует непрерывно, что также соответствует данным LADEE. То, что пылевое облако образовано веществом, поднятым с поверхности Луны вследствие ударов метеороидов, объясняет обнаруженное миссией LADEE скачкообразное возрастание концентрации пыли во время взаимодействия некоторых из ежегодных метеорных потоков с Луной, в частности во время высокоскоростного метеорного потока Геминид.

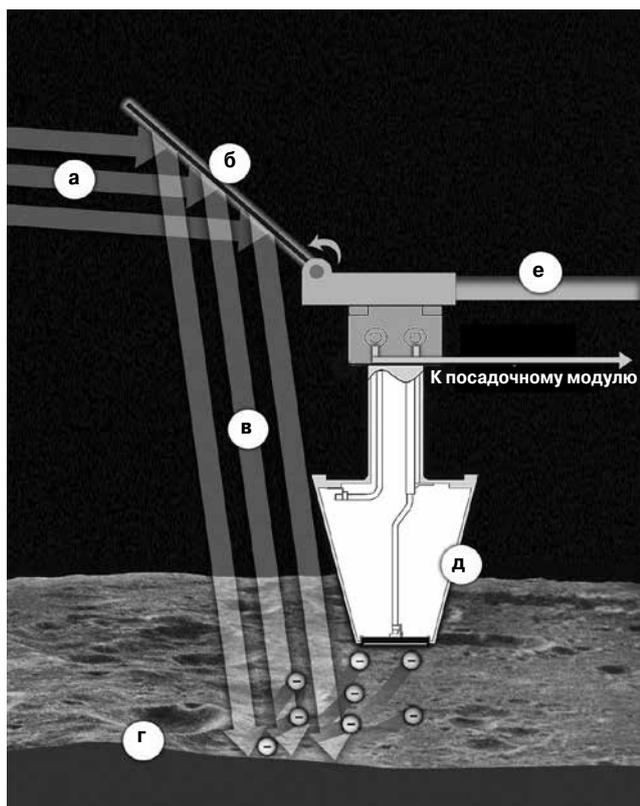
Пыль над Луной

В будущих лунных исследованиях, на посадочных модулях станций «Луна-25» и «Луна-27» предполагается разместить аппаратуру, которая будет и непосредственно детектировать пылевые частицы над поверхностью Луны, и проводить оптические измерения.

Пыль в приповерхностном слое над Луной имеет свои особенности. Прежде всего, там преобладают электростатические и плазменно-пылевые процессы. Поверхность Луны заряжается под действием электромагнитного излучения Солнца, плазмы солнечного ветра, плазмы хвоста магнитосферы Земли. При взаимодействии с солнечным излучением и поверхностью Луны, и частицы пыли испускают электроны вследствие фотоэффекта, таким образом над поверхностью формируется слой фотоэлектронов. Но в то же время и пылевые частицы, и поверхность поглощают фотоэлектроны, фотоны солнечного излучения, электроны и ионы солнечного ветра, а если Луна находится в хвосте магнитосферы Земли, то электроны и ионы



7
Распределения пылевых частиц над освещенной солнечным излучением частью поверхности Луны для углов 77° (а), 82° (б), 87° (в), а также максимально возможные значения высоты подъема пылевых частиц (z)



8

Схема эксперимента для измерений квантового выхода и работы выхода лунного реголита: а — световой поток от источника излучения, б — зеркало, в — световой поток, преобразованный зеркалом, г — лунная поверхность, д — зонд Ленгмюра, е — штанга, на которой укреплено оборудование для измерений

плазмы магнитосферы. Все эти процессы приводят к зарядке пылевых частиц, их взаимодействию с заряженной поверхностью Луны, подъему и движению пыли.

Интерес к описанию плазменно-пылевой системы в окрестности Луны возрос в конце 1990-х годов, когда были разработаны методы исследования пылевой плазмы. Удалось, в частности, изучить плазменно-пылевую систему в приповерхностном слое освещенной части Луны, в том числе и в области высоких широт — предполагаемой зоне прилунения посадочных модулей станций «Луна-25» и «Луна-27».

Исследование освещенной части Луны важно для этих проектов, поскольку станции, питающиеся от солнечных батарей, будут работать в основном во время лунного дня. Представленные на рис. 7а — в гистограммы описывают расчеты концентраций пылевых частиц над поверхностью Луны для углов между местной нормалью и направлением на Солнце, равных 77° , 82° и 87° . Видно, что поведение частиц сильно зависит от этого угла. На рис. 7г показано, до каких максимально возможных высот могут подняться пылевые частицы. Полученные данные опровергают выводы более ранних работ о существовании так называемой мертвой зоны, где пылевые частицы не поднимаются с поверхности, в области лунных широт около 80° — тех самых, где планируется прилунение станций.

При расчете параметров плазменно-пылевой системы важен квантовый выход лунного реголита, то есть количество электронов, выбиваемых с поверхности реголита одним фотоном. Имеющиеся данные пока недостаточно надежны. Так, даже при экспериментальных исследованиях частиц реголита, доставленных в миссиях «Apollo-14, 15», не было возможности работать с образцами, хранившимися до этого в высоком вакууме. Манипуляции с частицами проводили в инертной атмосфере, содержащей примеси. Поверхность образцов

подвергалась воздействию чужеродных веществ, ее квантовый выход и работа выхода могли измениться.

Эти параметры надо определить методами, исключаящими взаимодействие образцов с земным воздухом. Однако обеспечить доставку лунного грунта без контакта с земной атмосферой довольно сложно. Идеальным решением проблемы было бы проведение исследования непосредственно на Луне. Возможная схема эксперимента представлена на рис. 8. Источником электромагнитного излучения служит Солнце, для концентрации излучения используются зеркала. Правда, при этом несколько изменяется спектр излучения, но зато усиление его интенсивности позволит получить более надежные результаты. В качестве источника излучения можно было бы взять светодиоды или газоразрядную лампу, но их спектр отличается от солнечного гораздо сильнее. Для измерения параметров плазмы предлагается использовать зонд Ленгмюра, детектировать поток фотоэлектронов как при освещении источником света лунной поверхности, так и в его отсутствие, и регистрировать их энергетический спектр. Оборудование для этого эксперимента, возможно, будет размещено на спускаемом модуле станции «Луна-27» — на штанге, позволяющей отдалить его от посадочного модуля, — это снизит влияние фотоэлектронов, испускаемых модулем, на результаты. Для этой же цели предполагается покрасить части аппарата, прилегающие к штанге, красителем, уменьшающим генерацию фотоэлектронов.

Снова на Луну

Нынче происходит определенный ренессанс исследований Луны — о планах исследования Луны в XXI веке заявили Европейский союз, Индия, КНР, США, Япония. В России готовятся миссии «Луна-25», «Луна-26» и «Луна-27». Завершились исследования в рамках миссии НАСА LADEE. Много внимания во всех программах уделено исследованиям лунной пыли. Если данные миссий 1960—1970-х годов позволяли судить лишь о присутствии пыли в экзосфере Луны, то современные миссии предполагают целенаправленное изучение свойств лунной пыли. Подготовка лунных миссий сопровождается соответствующими теоретическими исследованиями, часть результатов приведена выше. Остается дожидаться данных, которые позволят усовершенствовать наши теории.

Исследования лунной пыли приобретают особую важность, если вспомнить о планах создания обитаемой лунной базы, которая обсуждается достаточно активно. Как написал астронавт миссии «Apollo-17» Харрисон Шмитт: «Пыль — это экологическая проблема номер один на Луне». Она явно не полезна, особенно при попадании в легкие. В экспедициях 1960—1970-х годов контакт с лунной пылью был коротким, но, когда будут создаваться долговременные базы, проблему пыли придется решать, чтобы избежать серьезных проблем со здоровьем участников экспедиции. Да и аппаратуре эта пыль вряд ли будет полезна.



Многогранные бораны

Кандидат химических наук

М.М. Левицкий

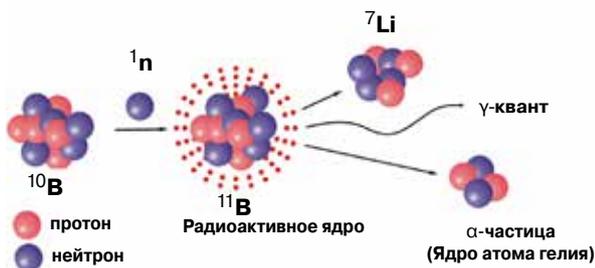
Бораны (бороводороды) — очень интересный и перспективный класс соединений: их можно использовать для лечения онкологических заболеваний, для экстракции из отходов радиоактивных изотопов и даже в некоторых областях микроэлектроники. Мы расскажем в первую очередь о медицинском применении боранов и о тех непростых соединениях, которые для этих целей синтезировали химики.

От топора к скальпелю

Придется начать издали, иначе будет не очень понятно, причем тут бораны. В 1898 году супруги Пьер и Мари Кюри открыли радий — химический элемент с исключительно мощным радиоактивным излучением. Уже через год они стали изучать действие излучения на живые ткани и затем начали бороться с опухолевыми клетками препаратами радия. Появилась новая область медицины — радиотерапия.

Одновременное действие трех видов радиоактивного излучения, испускаемого радием (α -, β - и γ -лучей), разрушало не только опухолевые, но и здоровые клетки, поэтому использование этих препаратов в медицинских целях требовало исключительно аккуратной дозировки: нужную дозу процессов приводило в 1936 году американского биофизика Гордона Лочера к оригинальной идее. Вначале надо ввести в раковые клетки препарат, содержащий нерадиоактивный изотоп бора ^{10}B (обычный бор), а затем обработать его потоком нейтронов невысокой энергии, так называемых тепловых. Атом бора, захватывая нейтрон, превращается в радиоактивный изотоп, который распадается с образованием безвредного лития, выбрасывая при этом α -частицу (ядро гелия, содержащее два протона и два нейтрона) и γ -квант (рис. 1).

В 1934 году американский физик Дэвид Ли обнаружил, что ядра некоторых элементов способны захватывать нейтроны, испуская при этом γ -кванты. Дальнейшее изучение подобных процессов привело в 1936 году американского биофизика Гордона Лочера к оригинальной идее. Вначале надо ввести в раковые клетки препарат, содержащий нерадиоактивный изотоп бора ^{10}B (обычный бор), а затем обработать его потоком нейтронов невысокой энергии, так называемых тепловых. Атом бора, захватывая нейтрон, превращается в радиоактивный изотоп, который распадается с образованием безвредного лития, выбрасывая при этом α -частицу (ядро гелия, содержащее два протона и два нейтрона) и γ -квант (рис. 1).



1
Образование α -частицы при облучении атома бора нейтронами.
(Верхний числовой индекс у символа химического элемента — массовое число, то есть сумма протонов и нейтронов в ядре.)

Энергия отдельных γ -квантов невелика, и они не оказывают ни лечебного, ни разрушающего действия, основной лечебный инструмент — α -частицы. Это настоящие боевые снаряды, разрушающие все на своем пути и обладающие к

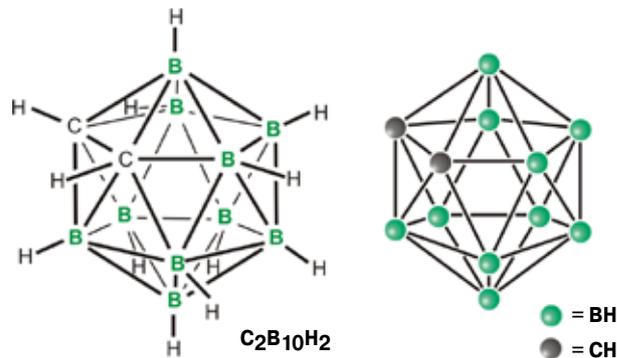
тому же важным свойством: у них очень малая длина пробега, соизмеримая с размером клетки. В результате α -частица, возникшая за счет ядерной реакции в опухолевой клетке, не выйдет за ее пределы, поскольку обязательно с чем-нибудь столкнется, и не затронет здоровые ткани.

Конечно же для того, чтобы возникли α -частицы, необходимо облучить организм нейтронами, которые могут затронуть и здоровые клетки. (В фильме М.И. Ромма «Девять дней одного года» один из героев фильма гибнет при нейтронном излучении от лабораторной установки, а судьба второго предрешена.) Тем не менее выход есть, ведь не зря бор предложили как потенциальный поглотитель нейтронов. Дело в том, что способность атомов бора захватывать нейтроны почти на семь порядков выше, чем у С, Н, О, N! Именно поэтому соединения бора применяют в ядерных реакторах как поглотители нейтронов. Таким образом, практически все поступающие нейтроны будут захвачены бором. Осталось ввести в раковые клетки борсодержащее соединение.

Из общих соображений понятно, что оно должно быть нетоксичным и водорастворимым. В начале 50-х годов исследователи сосредоточили свое внимание на борной кислоте и ее производных. Однако клинические испытания показали, что такие препараты неэффективны: концентрация бора в тканях была недостаточно высокой; кроме того, эти вещества не обладали избирательностью, то есть не накапливались преимущественно в опухолевых клетках.

Необычные бораны

Поиск молекул с большим числом атомов бора в молекуле привел к каркасным гидридам бора. Среди них самый известный — карборан, в конце XX столетия ставший эмблемой химии бора (рис. 2).

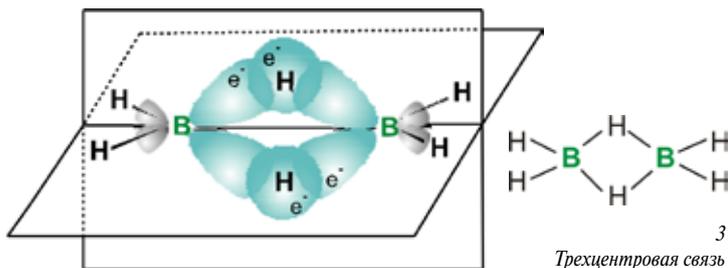


2
Карборан

На первый взгляд кажется, что атомы бора и углерода шестивалентны — шесть связей у каждого атома. На самом деле обычные валентные связи лишь у $\text{B}-\text{H}$ и $\text{C}-\text{H}$, а остальные — связи особого типа. Карборан открыл в химии новую главу о соединениях,

построенных с помощью нетрадиционных трехцентровых связей.

До середины 50-х годов не было ясно, каким образом бороводороды, например B_2H_6 , напоминающий по составу этан, или аналог бутана тетраборан B_4H_{10} , образуют цепочные структуры, в которых атомы бора соединены друг с другом. У атома бора всего три валентных электрона, поэтому в молекуле простейшего гидрида BH_3 у него не остается электронов для образования дополнительных связей. Как же тогда соединены атомы бора в B_2H_6 или B_4H_{10} ? В 50-е годы химики сформулировали понятие «трехцентровые связи». Например, в диборане B_2H_6 атомы бора непосредственно не связаны друг с другом, они соединяются с помощью атомов водорода (рис. 3).



Трехцентровая связь

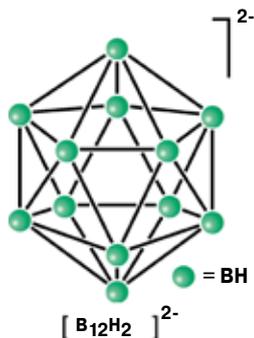
Таким образом, в связь В—Н, лежащую над плоскостью и образованную традиционной парой электронов, вовлекается еще один атом бора (расположенный справа), который для образования связи не поставляет электрон, а участвует своей вакантной, то есть незанятой, орбиталью. В результате два атома бора и один атом водорода — три центра — оказываются связанными двумя электронами; такую связь называют трехцентрковой двухэлектронной.

Трехцентровые связи могут реализоваться не только в треугольнике из двух атомов бора и одного атома водорода, но и между тремя атомами бора (без водорода), например, в карборане. Атомы водорода, окружающие каркас карборана (связи В—Н и С—Н), не принимают участия в образовании трехцентровых связей, они могут вступать в дальнейшие превращения.

Модифицировать карборан довольно легко, но скоро выяснилось, что для нашей конкретной медицинской задачи он не слишком перспективен. Карборан гидрофобен, что не очень хорошо для тканей живого организма: приходится дополнительно вводить в его молекулу различные гидрофильные группы. Такой недостаток отсутствует у аниона $[B_{12}H_{12}]^{2-}$, содержащего 12 атомов бора (рис. 4), — додекаборат-аниона.

Это многогранник с той же структурой, что и у его знаменитого родственника карборана. Но у додекаборат-аниона есть преимущества, важные для медицинских применений: он содержит больше атомов бора, чем карборан, есть много способов его получения (он образуется в том или ином количестве практически при любом термическом разложении бороводородов), но главное — анион $[B_{12}H_{12}]^{2-}$ гидрофилен и малотоксичен.

Биохимики знают, какие группы надо присоединить к борному каркасу, чтобы препарат накапливался в опухолевых клетках: аминогруппы ($-NH_2$), цианатные ($-NCO$), карбоксильные ($-COOH$) и изотиоцианатные ($-NCS$). Важно также, как именно располагаются вводимые функциональные группы около каркаса, — чтобы после взаимодействия функциональной группы с белковой молекулой борное ядро не мешало, активную группу надо отодвинуть от каркаса с по-



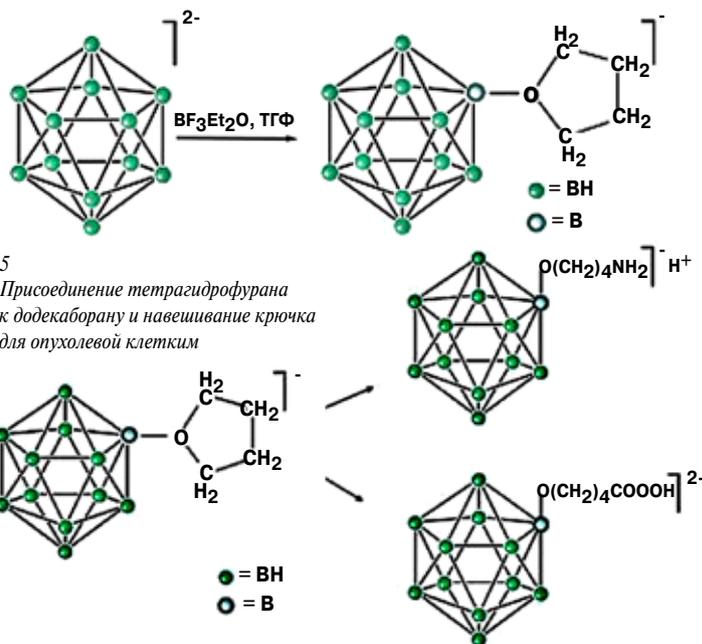
Додекаборат-анион

мощью цепочки из трех — пяти атомов. Вся конструкция для охоты за опухолевыми клетками должна напоминать удочку с поплавком (борным ядром) и расположенным на некотором удалении крючком (активной функциональной группой).

Группа профессора В.И. Брегадзе (ИНЭОС РАН) решила эту задачу («Eur. J. Inorg. Chem.», 2009, 1433—1450. «Appl. Radiat. Isotopes», 2011, 69, 1774—1777). Во всех превращениях сам каркас не затрагивали, взаимодействие происходило с участием боковых связей В—Н. Вначале прикрепляли молекулу тетрагидрофурана, а потом цикл размыкали и к освободившемуся концу приделывали нужную функциональную группу, которая в итоге оказывалась связанной с борным каркасом через тетраметиленоксидную цепочку $-O(CH_2)_4-$ (рис. 5).

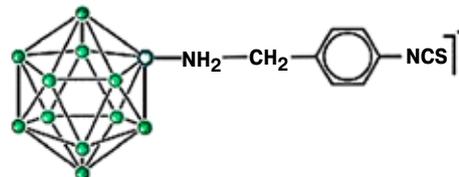


В.И. Брегадзе



5 Присоединение тетрагидрофурана к додекаборану и навешивание крючка для опухолевой клеткам

Позднее было установлено, что наилучшее связывание с опухолевыми клетками и доставку в них атомов бора обеспечивает изотиоцианатная группа $-N=C=S$ (рис. 6).



6 Изотиоцианатная группа в роли крючка

Несмотря на давнюю историю замысла, метод начали испытывать в экспериментах сравнительно недавно. Он называется несколько громоздко — «бор-нейтронозахватная терапия». В Государственном научном центре «Институт биофизики» лечебный препарат ввели спаниелю с опухолью на губе, а затем собаку облучали в реакторе Московского инженерно-физического института (МИФИ). Эта собака стала весьма знаменитой (рис. 7), лечение прошло удачно («Research and Development in Neutron Capture Therapy», Bologna, 2002, p.769—773).

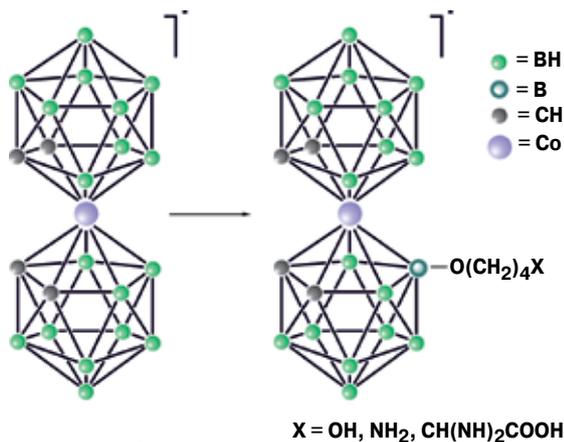


7
Эффект лечения бор-нейтронозахватной терапией

Сегодня этот метод развивается, идут активные исследования во многих странах. Его применение тормозят уже не боросодержащие соединения, а малодоступные и немногочисленные реакторные установки, способные доставлять узкий поток нейтронов.

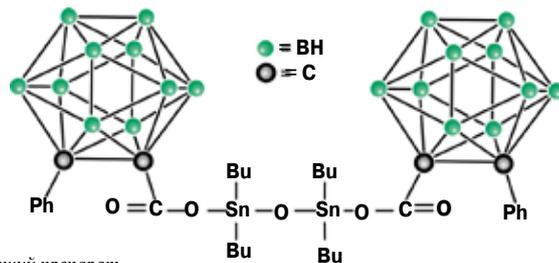
Другие грани карборанов

Химики экспериментировали дальше. Поскольку успех лечения во многом зависит от количества атомов бора в молекуле, они начали синтезировать препараты следующего поколения с более высоким содержанием бора. Например, объединили две карборановые молекулы с помощью кобальта, который входит в структуру обоих многогранников. Затем ввели функциональные группы, необходимые для последующего связывания с биомолекулами. Поскольку все полученные соединения имеют ионный характер, то эти карбораны водорастворимы (рис. 8). Синтез таких соединений довольно сложен, но если опыты покажут, что они дают более высокий лечебный эффект, то их производство, конечно, наладят.



8
Соединение с 18 атомами бора

Бор-нейтронозахватная терапия развивается, но пока не стала общедоступной. Сегодня самая распространенная практика лечения онкологических заболеваний — химиотерапия. Применяют, в частности, цисплатин — комплексное соединение платины. Исследования показали, что эффективнее уничтожают раковые клетки органические производные олова, но они заметно более токсичны, чем цисплатин. Карбораны и тут пригодились: выяснилось, что они резко снижают токсичность соединений олова, сохраняя их противораковую активность (рис. 9).

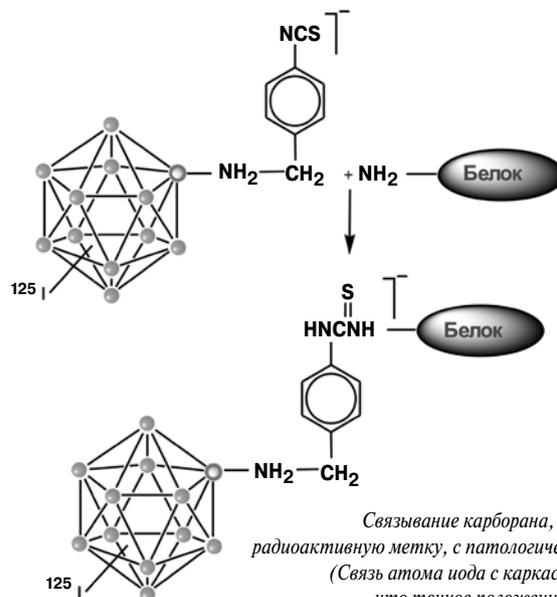


9
Оловосодержащий препарат

Такие препараты во много раз эффективнее цисплатина, их уже используют для лечения меланомы, а также опухолевых заболеваний кишечника.

При онкологических заболеваниях помимо лечения важна своевременная диагностика. Чтобы увидеть больные клетки, в организм вводят вещество, которое накапливается в больных тканях и содержит рентгеноконтрастную добавку, обычно это изотоп иода ^{125}I . В соответствии с принятой на сегодня методикой в организм вводят различные аминокислоты, содержащие этот изотоп. К сожалению, связь C—I нестабильна в живом организме, и метка довольно быстро уходит из области диагностики.

Бороводородные каркасы помогли решить и эту проблему. Связь B—I заметно стабильнее, чем C—I, а связывание с белковыми молекулами опухолевых клеток обеспечивает та самая изотиоцианатная группа. Эта группа взаимодействует с аминокислотными группами патологических белков, позволяя накапливать препарат в опухоли (рис. 10).



10

В перспективе намечено также использовать бораны для лечения ревматоидных артритов методом бор-нейтронозахватной терапии. Возможно, она составит конкуренцию современным хирургическим методам или даже заменит их.

Химию боранов, богатую и интересную саму по себе, можно использовать не только для решения медицинских проблем. Например, производное кобальт-карборана эффективно при экстракции радиоактивных изотопов цезия и стронция из отходов ядерных производств. Олово-, мышьяк- и сурьмасодержащие производные карборанов перспективны для использования в микроэлектронике. Несомненно, будут найдены и новые области, где каркасные бороводороды продемонстрируют свои уникальные качества.



Франций: факты и фактики

А. Мотыляев

Сколько франция на Земле? Очень мало: не более 30 грамм во всей земной коре. Причина в том, что самый долгоживущий изотоп этого радиоактивного металла имеет период полураспада около двадцати минут. А образуется он в рядах радиоактивных превращений урана и тория как дочерний продукт распада актиния. Соответственно, зная содержание урана и тория, можно посчитать, сколько франция ежесекундно образуется и сколько — исчезает.

Кто придумал франций? Это сделал Д.И. Менделеев, который предположил, что в группе щелочных металлов явно не хватает более тяжелого, чем цезий, элемента — экацезия. Окись такого элемента, по его мнению, должна быть самым энергичным основанием. Весь земной экацезий из-за высокой реакционной способности должен встречаться в виде солей, причем их растворимость — самая большая из всех солей щелочных металлов. По этой наводке 87-й элемент и стали искать там, где много щелочных элементов — в соленой воде океана или в золе от сжигания растений. Безуспешно. Видимо, последний опыт такого рода предпринял химик из бирмингемской Муниципальной технической школы Джон Ньютон Френд — в июле 1925 года он съездил в недавно освобожденную от турок Палестину и взял пробы воды Мертвого моря в месте, подалее от устья Иордана. Предполагая, что растворимость хлорида экацезия выше, чем у хлорида калия, он методом перекристаллизации очистил воду от всех других хлоридов. А затем из полученного концентрата осадил кристаллы хлорплатината калия — из химических соображений следует, что в нем-то и должна быть соль экацезия. Увы, ни измерения плотности, ни данные оптики или рентгена нового элемента не выявили. Так появилась гипотеза, что этот элемент — радиоактивный и недолгоживущий, благо окружающие его в таблице Менделеева радий и радон к тому времени были известны («Nature», 1926, 117, 789—790). Тогда же аналогичную идею высказал и профессор Д.К. Добросердов, читавший в

это время курс неорганической химии в Одесском техникуме технологии зерна и муки. Подобные соображения заставили ведущих радиохимиков, например Отто Гана, включиться в охоту за элементом-87 — они искали следы его активности в рядах радиоактивного распада актиния, но безуспешно. Было и несколько ложных находок — по рентгеновским спектрам экацезий под названием алкалиний, виргиний и молдаваний находили в некоторых минералах, но потом доказательства открытия куда-то исчезали. В общем, убедить научное сообщество не удалось вплоть до 1938 года.

Как открыли франций? Это сделала благодаря тщательному выполнению химической методики Маргарита Пере, ученица Марии Склодовской-Кюри. Поступив в 1929-м в парижский Радиевый институт, она занималась извлечением и очисткой актиния. Эта-то работа и увенчалась успехом.

Еще в 1914 году австрийские радиохимики Стефан Майер, Виктор Гесс и Фридрих Панет заметили альфа-частицы, образующиеся, предположительно, при распаде актиния-227. Дочерним продуктом, в этом случае, должен быть франций-223, однако доказательства тогда собрать не удалось. Маргарет Пере повторила их опыт. Для того, чтобы доказать — частицы летят именно при распаде актиния, а не протактиния, нужно было тщательно очистить его от всех примесей и продуктов распада. Она сумела высадить из раствора основные из них — торий, радий. А затем — и сам актиний. Оставшийся раствор давал заметное бета-излучение с периодом полураспада 22 минуты. Источником мог быть только щелочной металл, в чем Пере убедилась, высадив излучающие атомы перхлоратом аммония. Получившиеся кристаллы давали ту же бета-активность. Это было доказательство — актиний при альфа-распаде порождает щелочной бета-излучатель; он не может быть ничем, кроме франция-223 (подробности см. в «Химии и жизни», 1974, № 11). Спустя десять лет элементу, открытому Маргаритой Пере, дали название франций, Fr. Он оказал-



ЭЛЕМЕНТ №...

ся последним элементом, открытым на Земле так, сказать, естественным путем. Последующие открытия были уже связаны с ускорительными экспериментами.

Как можно получить чистый франций? Есть несколько способов. Пере с коллегами выделяла его с помощью бумажной хроматографии из раствора, содержащего актиний, — франций легко движется с фронтом раствора и откладывается уже в самом конце бумажной ленты. Затем, когда франций стали получать в ускорителях, придумали химические методы его выделения из облученных мишеней. Такое выделение занимает десятки минут; то есть, значительная часть франция ко времени извлечения успевает распасться. Эту работу делали, как видно, из научного любопытства — чтобы установить оптические и физико-химические свойства элемента и заполнить данными белую ячейку в периодической таблице: в 60—70-е годы никто всерьез и не предполагал, что франций можно как-то использовать. Однако способов его получения на ускорителе придумали несколько. Начиналось все с бомбардировки урана и тория ядрами водорода. Так, начиная с 1948 года франций-212, 218, 219 и 220 зафиксировали при распаде продуктов обстрела ториевой мишени дейтронами на синхротроне в Беркли. В Дубне, обстреливая уран протонами, получили долгоживущий — 19,3 минуты — франций-210. Производительность была такой: за 15 минут облучения в одном грамме урана получалось $5 \cdot 10^{-13}$ грамма франция. Затем пошли обстрелы более тяжелыми ядрами. В 1967 году франций-214 нашли в продуктах распада актиния, который выращивали бомбардировкой мишени из висмута ядрами углерода на ускорителе в Дубне. С конца 60-х годов на Линейном ускорителе тяжелых ионов (NLAC) в Беркли бомбардировкой свинца и таллия ядрами азота и неона выявили франций-215 и 216, обстрелом золота, свинца, таллия кислородом, бором, углеродом получили франций-204—211, 213. Стреляя протонами

по мишени из жидкого олова, в 1969 году на синхротроне в ЦЕРНе получили тяжелые, то есть богатые нейтронами, изотопы франция — 224, 225 и 226, в 1975 году там же добыли франций-229, бомбардируя протонами мишень из урана с лантаном. Самый тяжелый франций-233 сделали в 2010 году на дармштадском синхротроне иным способом — бомбардируя легкую мишень из бериллия тяжелыми ионами урана. Самый легкий франций-199 — в 1999 году в Японии на циклотроне RIKEN: там обстреливали мишень из тулия ядрами аргона. Как видно из этого перечня, исследователи проявили изрядное остроумие и изворотливость в постановке своих опытов, ведь помимо бомбардировки нужно было еще разделить продукты ядерных реакций и достаточно надежно их идентифицировать, чтобы в это поверили коллеги. Однако, для чего нужна вся эта грандиозная работа?

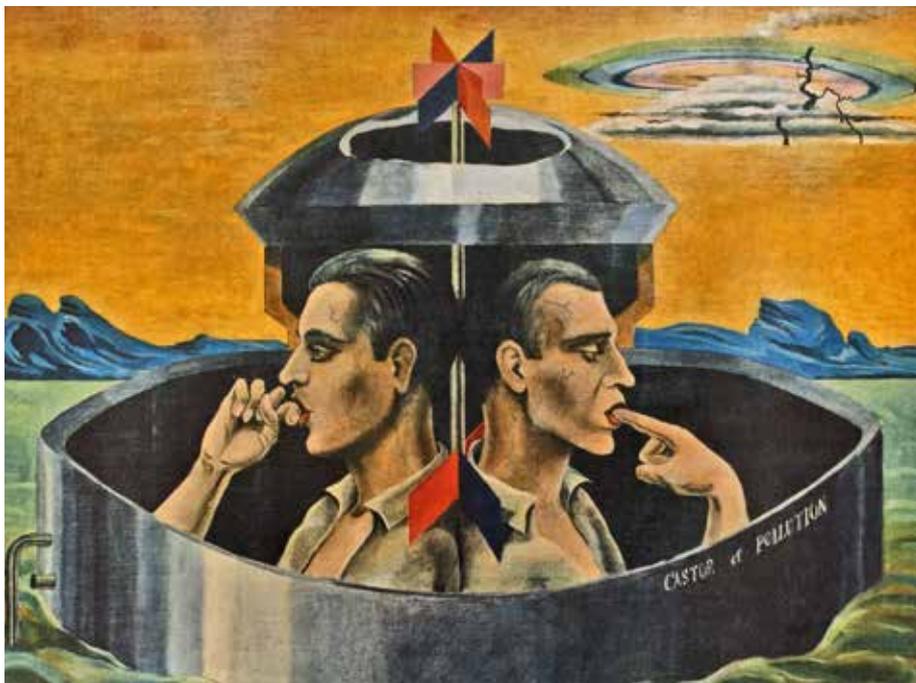
Зачем нужен франций? Практический смысл грандиозной работы по бомбардировке мишеней ускоренными ядрами и скрупулезной фиксации продуктов ядерных реакций и дочерних атомов их распада применительно к францию выяснился в конце XX века. Тогда фактически закончился важный, длившийся век, этап развития физики — была прак-

тически завершена Стандартная модель элементарных частиц. Результатом же стали мечты исследователей о некоей Новой физике, за пределами этой модели. Причина таких мечтаний очевидна: закончив создание шедевра — а Стандартная модель один из шедевров современной науки — человек-творец начинает задумываться о дальнейшей работе, а ее-то наличие законченного шедевра как раз и не предполагает. И что же, весь накопленный опыт, все эти огромные установки, совершенствуемые десятилетиями, теперь становятся не нужны? Никакой исследователь никогда не смирится с этой мыслью. А чтобы строить новую физику, нужно найти эффекты, не вписывающиеся в Стандартную модель. Таких эффектов предположено несколько, а к францию имеет отношение так называемое нарушение четности. Оно возникает, в частности, когда во внутриатомные события, определяемые кулоновским взаимодействием, вмешиваются силы слабого взаимодействия. Обычно подобные опыты — достояние физики высоких энергий, оперирующей пучками ускоренных частиц. Однако, как оказалось, можно изучать такое вмешательство при вполне нормальных условиях, а именно рассматривая анмалии флуоресценции или поглощения

света тяжелыми атомами. Электродинамика некоторые переходы электрона в атоме запрещает, то есть, свет соответствующей длины волны получить нельзя, а нарушение четности их иногда разрешает. Поймав такой запрещенный фотон, а он рождается в одном случае на квадриллион, физик подпрыгнет до небес, а опустившись на землю, напишет статью, которая может принести ему Нобелевскую премию. Именно на атомах щелочных металлов ставить такие опыты очень удобно: у них один валентный электрон над полностью заполненными электронными оболочками. Такой атом легко рассчитывать, а затем сравнивать результаты расчета и измерений.

Эффекты от слабого взаимодействия возрастают как заряд ядра в кубе. Поэтому чем тяжелее щелочной металл, тем проще измерения -- много экспериментов было поставлено на самом тяжелом стабильном щелочном металле, цезии. И они дали неплохой результат. Так, экспериментально измеренный слабый заряд ядра оказался очень близок к теоретически рассчитанному по Стандартной модели. Это сразу же наложило определенные ограничения на некоторые возможности новой физики. Однако нет предела совершенству — и, закончив опыты на цезии, физики за-

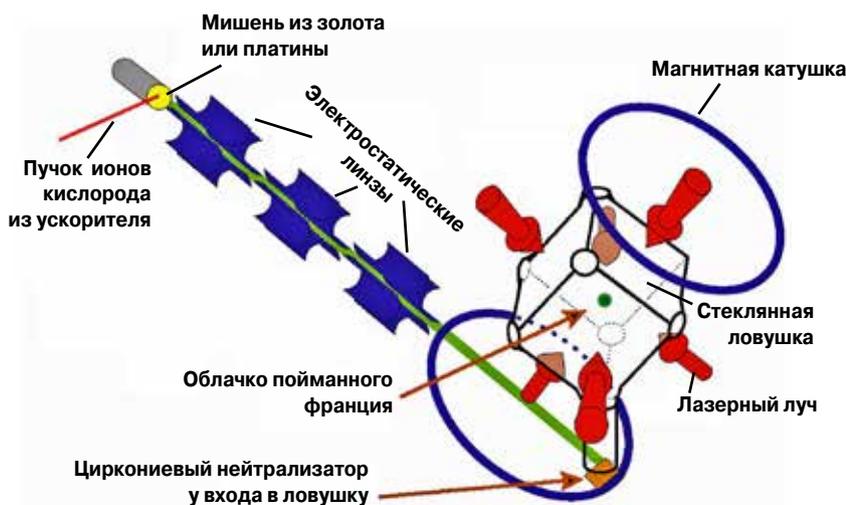
Четность в атомах



Понять, какой смысл современные физики вкладывают в термин «четность», нелегко. Однако порой исследователям удается столь глубоко вникнуть

в проблему, что они начинают изъясняться более-менее простыми и даже понятными многим словами. Примером такого популярного изложения

может служить вступление к обзору «Нарушения четности в атомах», опубликованному Мари-Анной и Клодом Бушь в журнале «Reports on Progress in Science» (1997, 60, 1351—1396). Это те самые исследователи из парижской Высшей нормальной школы, которые потратили много сил на изучение нарушения четности в атомах цезия. Их эксперименты позволили добиться важного результата: впервые было установлено наличие у ядра нового свойства — слабого заряда. Его величина у цезия оказалась равна —72,1; это на 1,1 больше, чем дает теория (теперь нужно разбираться: такое расхождение — просто ошибка в расчетах или объективная реальность и проявление новой физики, во всяком случае некоторые ограничения на частицы новой физики этим результатом наложены). Они же предположили, что дальнейший прогресс в изучении слабых внутриатомных взаимодействий возможен в ходе исследований атомов франция, причем желательно разных изотопов. Приведем краткий перевод из этого обзора их рассуждений о проблемах четности в атомах.



Фабрика франция в университете Стони-Брук

думались о самом тяжелом щелочном металле — франции: у него измеряемые эффекты должны быть в десятки раз сильнее. Однако для проведения измерений требуется собрать в одном месте не считанные атомы этого элемента, а тысячи и даже миллионы. Так в конце 90-х годов возник запрос на массовое производство атомов франция — исследователи стали проектировать фабрики этого элемента.

Как устроена фабрика франция?
Массовое производство этого элемен-

та прежде всего связано с обстрелом мишени из золота-197 ядрами кислорода-18. В этом случае сразу возникают атомы франция-215, а не его предшественники в цепочке радиоактивных распадов. Однако они слишком горячи; избавляются от лишней энергии, выбрасывая нейтроны — таким способом нельзя получить тяжелые изотопы, только легкие, нейтрондефицитные. Изменяя энергию атомов ядер кислорода, можно добиться преимущественного синтеза определенных изотопов фран-



ция — 208—211, причем франций-210 и 211 весьма долгоживущие, с периодом полураспада 3 минуты, с такими изотопами уже можно работать. Если использовать платиновую мишень, то получится франций-212 с периодом полураспада 19,5 минуты. Увы, с платиной работать труднее, чем с золотом. Во-первых, золото — моноизотопно, а платина — нет, а во-вторых, у платины высокая температура плавления. Это важно: для легкого отделения франция от мишени, последнюю надо чуть ли не расплавить.

Поскольку золото — инертный металл, франций не образует с ним химических соединений и его ионы легко отделяются от горячей золотой пластинки. Далее из них формируют

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Четность в классической физике

Концепция сохранения и нарушения четности не выглядит интуитивно понятной. Действительно, эффекты нарушения четности не входят в число объектов, с которым связан повседневный опыт, и даже в физике имеются огромные области, где этот вопрос вовсе не затрагивается. При этом хотя само явление касается такой простейшей операции, как симметрия свойств объекта при зеркальном отражении, традиционно даваемые определения четности нисколько не помогают пониманию предмета. Впрочем, оно становится понятным, если держать в голове историю открытия нарушения четности.

Многие природные объекты существуют в двух разных формах, которые становятся идентичными при зеркальном отражении одной из них, как правая и левая руки. В химии это явление проявляется как хиральность молекул, которые состоят из одних и тех же атомов и обладают одинаковыми свойствами, пока это не касается их зеркального различия. Например, плоскость поляризации проходящего света они вращают в противоположные стороны, и так левые молекулы удается отличить от правых.

Однако если мы возьмем левую молекулу с присущим ей вращением плоскости поляризации, то в зеркале увидим правую молекулу с соответствующим вращением плоскости. Эти молекулы сохраняют зеркальную симметрию, то есть сохраняют четность.

В атомах хиральные свойства возникают не из-за различного расположения составляющих их частей, а из-за того, что взаимодействия между этими составляющими предпочитают одну ориентацию физического пространства другой. Попробуем проиллюстрировать это примером. Для индивидуальных атомов нет геометрической хиральности. Любая хиральность в группу атомов может быть принесена извне, например приложением внешнего магнитного поля или за счет выстраивания всех их спинов в одну сторону. Без этого любой атом, видимый в зеркале, неотличим от оригинала. Давайте предположим, что в этой ситуации мы изучаем поглощение атомами поляризованного света и обнаруживаем, что только левополяризованные фотоны поглощаются. Это будет означать, что в зеркале мы должны увидеть поглощение только правых фотонов точно такими же атомами. Следовательно, ситуация демонстрирует крайнюю степень нарушения четности.

Мы прекрасно знаем, что в реальности такого никогда не происходит. Во всех учебниках написано: в отсутствие поля право- и левополяризованный свет одинаково взаимодействует с системой неориентированных атомов.

Однако с начала 80-х годов XX века в независимых и тщательно выполненных экспериментах было замечено, что при испускании и поглощении фотонов атомами небольшое предпочтение лево- или правополяризованных фотонов все-таки проявляется или, если сформулировать более общо, проявляется предпочтение определенной ориентации физического пространства. Эффекты очень малы, разница вероятностей задействованных процессов составляет 10^{-5} — 10^{-6} . Тем не менее они показывают бесспорное проявление нарушения четности в атомной физике. Даже столь ничтожные эффекты находят в полном противоречии с законами электродинамики. Они свидетельствуют о существовании в атомах некоего второго взаимодействия, которое все игнорировали вплоть до 1970-х годов. До тех пор атом считали системой, управляемой электромагнитным взаимодействием, безразличным к левому и правому.

пучок и направляют в ловушку. Там находится фольга из иттрия. Попавшие на нее ионы франция, во-первых, теряют скорость, то есть охлаждаются, а во-вторых, приобретают электрон и становятся нейтральными атомами. Время от времени иттриевую фольгу нагревают, и накопившиеся в ней атомы франция освобождаются. Франциевый пар заполняет ловушку и попадает по лучам шести лазеров: они создают оптическую пачку. В ней атомы охлаждаются до миллионных долей кельвина и собираются в облачко посередине ловушки. Дополнительно этому способствует магнитное поле. Теперь с облачком можно проводить эксперименты.

Первыми золото—кислородную фабрику франция запустили 27 сентября

1995 года исследователи из группы франциевой спектроскопии университета Стони-Брук. Вот как описывает это событие главный идеолог франциевого проекта Луис Ороцко: «Было уже за полночь, когда я закончил отчет, который надо было сдавать утром. Мы расположились в комнате управления ускорителем, далеко от места расположения ловушки. Там у нас были телемониторы и компьютеры для наблюдения за сигналом. Я не смотрел на мониторы, а читал свой отчет и время от времени разглядывал лица коллег. Я заметил, что их выражение стало меняться, и подумал — что-то пошло не так. Но нет, на экранах был сигнал, который становился все ярче и ярче по мере того, как мы подстраивали частоту лазеров. Он шел именно оттуда,

откуда мы ожидали, и был в сотни раз сильнее, чем рассчитывали! Мы восприняли сигнал с сомнением и провели опыт еще раз. Спустя несколько часов мы начали праздновать и долго не могли остановиться». В ловушке тогда оказалось 3 тысячи атомов франция. Спустя семь лет их уже удавалось собирать по 50 тысяч штук, а рекорд составил 200 тысяч. Однако для проведения экспериментов этого мало, необходимо наполнять ловушку пучком франциевых атомов интенсивностью миллион штук в секунду.

Где сейчас строят фабрики франция?

Наиболее близка к завершению установка, для которой Ороцко и его коллегам удалось в 2008 году найти финансирование в американском Национальном научном фонде. Площадкой для разме-

Четность в квантовой механике

В квантовой механике говорят не о зеркальной симметрии, а об отражении пространства, именно к нему имеет отношение оператор четности. Отражение определяется как такое преобразование, когда каждая точка пространства с координатами r превращается в точку с координатами $-r$. Подобное преобразование не изменяет известные физические взаимодействия, и обращение пространства — синоним зеркальной симметрии.

Первые подозрения, что сохранение четности при отражении пространства может не быть универсальным законом, появились в начале 1950-х в физике элементарных частиц. Пионы и К-мезоны — это частицы с нулевым спином, их сейчас считают комбинацией кварк—антикварк. Загадка состоит в том, что иногда К-мезоны распадаются на два пиона, а иногда — на три, то есть получаются два разных состояния с противоположенной суммарной четно-

стью. Следовательно, или при этом не сохраняется четность, или К-мезон — это двухкомпонентное состояние с противоположными четностями.

Основной принцип большинства экспериментов с несохранением четности — сопоставить соотношения переходов между двумя реальными состояниями и между их зеркальными отражениями. Это соотношение называется степенью лево-правой асимметрии; если она не равна нулю — получается экспериментальное доказательство нарушения четности. Степень лево-правой асимметрии — псевдоскаляр. То есть она не меняется при повороте пространства, а при зеркальном отражении меняет знак. Так появилось золотое правило опытов по изучению нарушения четности: нужно сконструировать какую-то псевдоскалярную переменную и провести ее измерения. Если значение окажется отличным от нуля — нарушение четности имеет место.

В 1957 году Ву Цзяньсюн и ее коллеги провели первый эксперимент такого рода. В нем использовали ядра

кобальта-80, спины которого были ориентированы. При бета-распаде оказалось, что электронам не безразлично, в каком направлении вылетать из ядра — они предпочитали это делать против спина. С точки зрения теоретиков, ситуация выглядит так. Спин ядра — это угловой момент, то есть вектор, его произведение на момент электрона оказывается псевдоскаляром, причем отличным от нуля — это показал опыт, выявивший предпочтительное направление полета бета-электронов. То есть мы видим явное нарушение четности. В последующих многочисленных экспериментах установлено, что нарушение право-левой симметрии физического пространства порождает слабое взаимодействие, которое лежит в основе бета-распада.

Нарушение четности в атомах

Слабые взаимодействия связаны с обменом частицами — калибровочными бозонами. Они подобны фотонам, которые участвуют в электромагнитном взаимодействии. В отличие от электро-нейтральных фотонов, калибровочные бозоны W^+ и W^- , — а до 70-х годов только их и связывали со слабым взаимодействием, — электрический заряд имеют. Поэтому и считалось, что слабое взаимодействие и вызванное им нарушение четности не имеют отношения к физике стабильных атомов. В самом деле, для обеспечения стабильности взаимодействие должно сохранять идентичность участвующих в нем частиц. А до 70-х годов все известные процессы, связанные со слабым взаимодействием, происходили с изменением электрического заряда взаимодействующих частиц и, таким образом, с изменением

Правило буравчика, оно ведь разное в Южном и Северном полушарии; эффект наглядно виден в противоположенной закрутке циклонов. То есть вихрь не равнодушен к ориентации пространства. Если из нарушения четности следует, что и атому ориентация пространства безразлична, не означает ли это: в Вселенной есть ось вращения?



ЗАМЕТКИ ФЕНОЛОГА

щения выбрали ускорительный комплекс TRIUMF в канадском Ванкувере.

Поскольку это был все-таки чужой ускоритель со своими традициями, пришлось отказаться от отлаженной золото—кислородной методики: в Ванкувере разогнанный пучок протонов бьет по мишени из карбида урана. В результате получается много изотопов, в частности, под миллиард ионов франция, которые попадают в ловушку. Конечно, с ними могут лететь и другие осколки ядерной реакции, но лазеры настроены именно на франций, остальные же благополучно покидают ловушку. Иттриевую фольгу приспособили служить еще и дверцей: каждые двадцать секунд она поворачивается, закрывая ловушку — выпуская туда накопившиеся атомы и не позволяя

им вылететь наружу, пока они не запутаются в оптической патоке. После охлаждения облачко атомов бережно перемещают во вторую ловушку, в которой идет их накопление и где будут измерять спектры. В сентябре 2012 года установка была собрана. Исследователям выделили двадцать часов работы ускорителя для ее проверки. Им удалось собрать в ловушке четверть миллиона атомов франция, что было сочтено успехом. Летом 2015 года они докладывали о выполнении следующего этапа — в исследовательскую ловушку удалось успешно переместить 40% накопленных в рабочей ловушке атомов франция, причем они сохранялись там в течение примерно 20 секунд. Авторы эксперимента этим удовлетворились — для них очевидно, что задача собрать

в ловушке миллион атомов франция вполне решаема, и теперь ждут нового выделения времени ускорителя для проведения экспериментов. Главный из них — поиск свечения от запретных переходов электронов между внешними s-орбиталями атома франция.

Схожую установку в 2013 году пытались построить японские физики в университете Тохоку, однако сообщений об успехе не поступало. Зато итальянцы из Национальной лаборатории в Ливорно с 2014 года строят фабрику для синтеза франция на золотой подложке и уже проводят спектроскопические исследования.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

их идентичности (например, нейтрон при бета-распаде становится протоном).

Однако в 1961—1968 годах Шелдон Ли Глэшоу, Стивен Вайнберг и Абдус Салам (им в 1979 году дадут Нобелевскую премию по физике. — Примеч. ред.) построили математическую модель слабого взаимодействия и обнаружили, что оно, как и электромагнитное, есть проявление единого электрослабого взаимодействия. Важным следствием теории стало предсказание нового, незаряженного калибровочного бозона, Z^0 . Этот бозон должен обладать хиральным поведением, то есть он изменяет свое соединение с составляющими вещества при зеркальном отражении. Но поскольку заряда у него нет, это не меняет идентичности взаимодействующих частиц. Действительно, Z^0 -бозон связывается с частицами вещества — кварками, электронами — двумя способами: во-первых, как фотон (и его можно рассматривать как очень тяжелый фотон), а во-вторых, как псевдоскаляр. Например, сила его связи с электроном пропорциональна геликоидальности последнего, то есть скалярного произведения умножения векторов скорости и спина электрона. Как и поляризация фотона, геликоидальность электрона оказывается нечетной при отражении пространства. Такая двойственная природа Z^0 -бозона означает, что обмен им между ядром и электроном приводит к нарушению четности при отражении пространства.

По аналогии с электрическим зарядом ядра мы в 1974 году ввели понятие слабого заряда. По сравнению с кулоновским, хиральное взаимодействие ядро — электрон имеет гораздо меньший радиус действия. Слабый заряд ядра играет роль фундаментальной константы атомного электрослабого

хирального взаимодействия, а его наличие отражает примечательный факт: инертной материи нашего мира не безразлична ориентация пространства.

Несохранение четности в стабильных атомах и ядерная физика

Лево-правая асимметрия во всех опытах атомной физики очень мала, обычно $6 \cdot 10^{-6}$. В экспериментах г-жи Ву ситуация иная: лево-правая асимметрия появляется в результате интерференции между четной и нечетной частями оператора перераспределения заряженных W -бозонов. У них одинаковый порядок величины, оттого и эффект оказывается значительным, легким для измерения. В наших экспериментах с цезием ситуация иная. Четное электромагнитное взаимодействие преобладает над нечетным слабым, а четная часть последнего пренебрежимо мала. Иногда спрашивают: какой смысл ставить такие эксперименты спустя сорок лет после того, как нарушение четности в атомах было зафиксировано г-жой Ву, да еще при более тяжелых условиях эксперимента? Причина в следующем. Изучение нарушений четности в стабильных атомах дает возможность исследовать совершенно новую область электрослабой физики, изучающей не заряженные токи, связанные с W -бозонами, а токи нейтральные, вызванные Z^0 -бозоном. В стабильных атомах их можно подробно исследовать.

Вообще, работа с электрослабым взаимодействием представляет важное направление ядерной физики. Она началась в 1973 году, когда в ЦЕРНе были открыты нейтральные токи при рассеянии нейтрино на ядрах. Другим важным событием стало открытие право-левой

асимметрии при глубоко-неупругом рассеянии электронов на дейтронах, сделанное в Стэнфорде в 1978 году. В связи с этим возникает вопрос: насколько ценную информацию об электрослабом взаимодействии могут предоставить атомные эксперименты, которые ставят при несопоставимо меньших энергиях, чем в ускорительной физике? На самом деле им есть что предложить. Например, наиболее прецизионные измерения на цезии показали принципиально новые проявления нарушения четности: она оказалась чувствительна к зависящим от спина слабым взаимодействиям внутри ядер. Одна из главных задач экспериментов по нарушению четности в атомах состоит в точном измерении слабого заряда ядра. Но есть и другие важные вопросы. Может ли эксперимент показать, кто служит главным источником слабого взаимодействия — протон или нейтрон? Можно ли изучать расположение нейтронов в ядре на основании данных о нарушении четности в рядах изотопов? Можно ли наблюдать хиральный электрон-ядерный потенциал в зависимости от ядерного спина? Кроме того, как знать, может быть, нарушения четности на внутриатомном уровне, фактически — предпочтении внутриатомными силами одной ориентации пространства, проявляются не только внутри атома, но и на совсем другом уровне организации материи — в хиральной асимметрии биологических молекул?

Подготовил кандидат физико-математических наук
С.М. Комаров

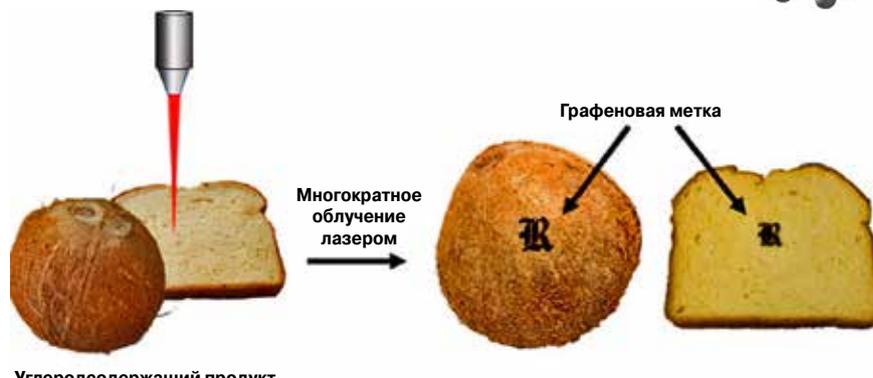
Прожаренный до графена тост

ХЕМОСКОП



Группа исследователей, которая ранее продемонстрировала возможность получения графена из шоколада, мертвых насекомых и даже собачьих экскрементов («ACS Nano», 2011, 5, 9, 7601–7607; doi: 10.1021/nn202625c), в новой работе сообщает, что с помощью лазеров можно сформировать участок графена на тосте («ACS Nano», 2018; 12, 3, 2176–2183, doi: 10.1021/acsnano.7b08539). Создатели тостов с графеновыми узорами утверждают, что их технологию можно применять для нанесения электронных меток или сенсоров непосредственно на продукты питания, — образующийся графен проводим и обладает антимикробным действием.

По мнению руководителя исследования Джеймса Тура из Университета Райса (кстати, это он в 2003 году синтезировал «нанопуты», см. «Химию и жизнь», 2004, 4), графеновые сенсоры могут показывать, не загрязнена ли пища кишечной палочкой, не размораживали ли ее (если продукт продается в замороженном виде). В 2012 году исследователи из группы Тура впервые получили «лазер-индуцированный графен», подвергая богатые углеродом материалы воздействию лазерных импульсов.



Углеродсодержащий продукт, например кокосовый орех или хлеб

Происходит «графенирование» примерно так: первый лазерный импульс превращает углеродсодержащий материал в аморфный углерод, например в подгорелый хлеб, а второй и третий импульсы превращают аморфный углерод в графен. Весь процесс занимает несколько миллисекунд. Такой скорости удается достичь за счет расфокусировки лазеров, при этом пятна от разных лазерных лучей могут перекрываться, что эквивалентно применению множественных лазерных импульсов.

Тур с коллегами продемонстрировали, как предложенную ими методику можно применять для получения графеновых меток четкой формы. В каче-

стве доказательства они нарисовали на куске хлеба графеновый логотип Университета Райса — готическую R. Как оказалось, новая методика хорошо работает на материалах, богатых лигнином, — на пробке, оболочке кокосовых орехов и картофельной кожуре.

В перспективе ученые планируют коммерциализировать технологию, надеясь, что «аппликации» из лазер-индуцированного графена можно будет применять не только для определения качества пищи, но и для дезинфекции воды. Однако до этого необходимо выяснить, безопасны ли графеновые метки для здоровья человека.

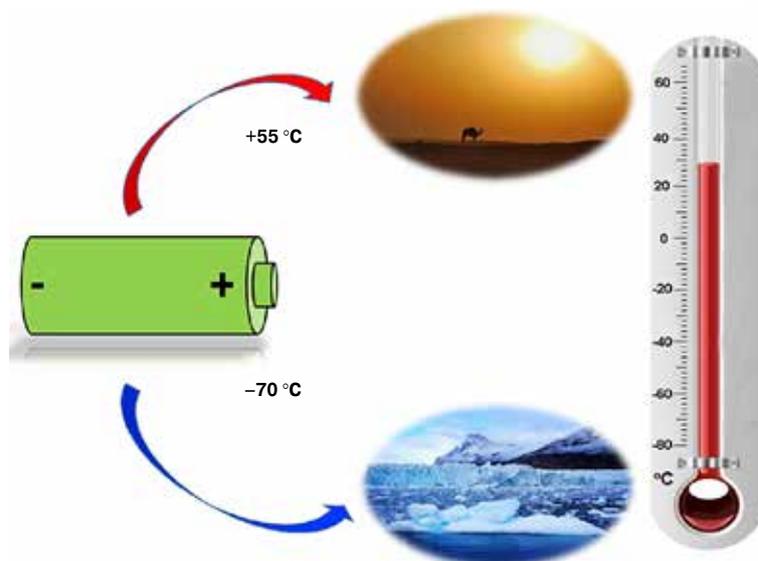
Холодостойкий литий-ионный аккумулятор

ХЕМОСКОП



Разработаны литий-ионные аккумуляторы, которые не теряют производительности при температуре -70°C . В перспективе такие аккумуляторы могут улучшить работу смартфонов и электромобилей в зимнее время, а также оказаться полезными для техники, эксплуатируемой на больших высотах, или для спускаемых аппаратов, исследующих поверхность небесных тел Солнечной системы — планет и их спутников («Joule», 2018, doi: 10.1016/j.joule.2018.01.017).

Как всем известно из личного опыта, аккумуляторы в смартфонах, плеерах и другой портативной электронике на морозе быстро разряжаются или просто перестают работать. При -40°C литий-ионные аккумуляторы теряют



Диапазон работы новых аккумуляторов

до 88% емкости. Поэтому в холодных регионах, на большой высоте и в космическом пространстве для литий-ионных аккумуляторов предусматривают термоизоляцию и подогрев. Бывает даже, что из-за сложности технических решений подобного рода аккумуляторы заменяют одноразовыми источниками электрического тока или суперконденсаторами.

Понижение производительности литий-ионных аккумуляторов при низких температурах связано с тем, что увеличивается вязкость растворителя-электролита — он даже может замерзнуть. Изменения в электролите при пониженных температурах затрудняют или делают невозможным перемещение ионов лития между электродами аккумулятора в процессе зарядки и разрядки. Кроме того, на холоде ионы лития не проникают внутрь графитового анода аккумулятора, а покрывают

электродом слоем металлического лития, способного легко возгораться.

Для создания безопасного аккумулятора, не теряющего эффективности при пониженной температуре, Юнъяо Ся, специалист по физической химии из Фуданьского университета, решил использовать в качестве электролита этилацетат. Это вещество замерзает при -84°C и не становится более вязким при понижении температуры. Несколько лет назад уже сообщалось о том, что этилацетат можно применять как электролит для литий-ионных аккумуляторов («Electrochimica Acta», 2015, 154, 287–293; doi: 10.1016/j.electacta.2014.12.093), однако поведение аккумулятора с таким электролитом при низких температурах не изучали. Ся решил это сделать. Когда исследователи из его группы скомбинировали электролит из этилацетата с обычными электродами литий-ионного аккумулятора, производительность

такого источника питания оказалась невысока.

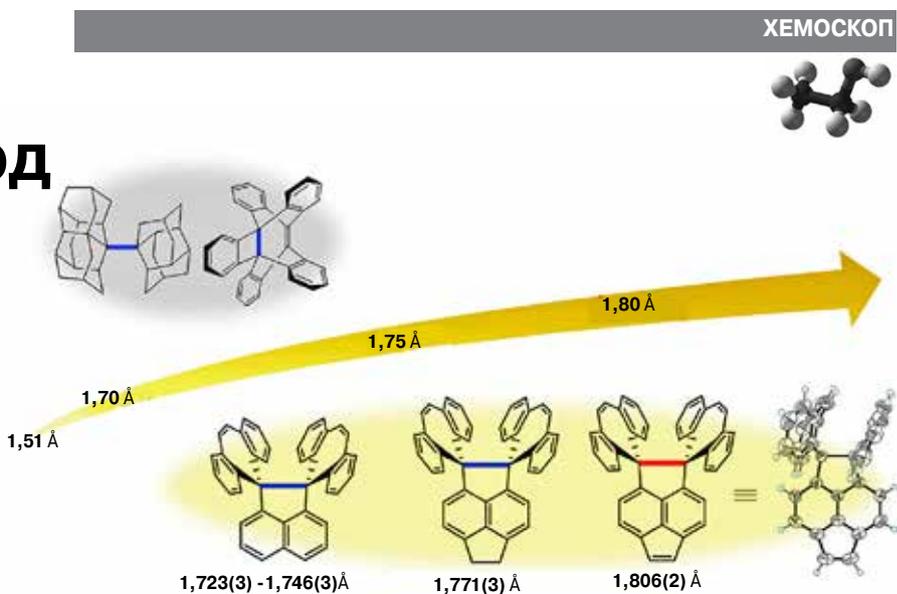
Тогда Ся и его коллеги заменили электроды, сделав их из электропроводных полимеров. При зарядке электрода анод из полиимида вступает в реакцию, связывая ионы лития; противоионы при этом абсорбируются на катоде из политрифениламина. При разрядке аккумулятора химический процесс протекает в обратном направлении, происходит высвобождение ионов лития и десорбция анионов. Новый аккумулятор работает в температурном интервале от $+50^{\circ}\text{C}$ до -70°C ; при -70°C он сохраняет 70% емкости, характерной для комнатной температуры. К сожалению, пока он имеет низкое напряжение выхода — всего 1,2 В. Ся с коллегами продолжают работать с электролитом и материалом электродов, чтобы увеличить производительность своего аккумулятора.

Самая длинная связь углерод-углерод

Химическую связь С—С, свойственную органическим соединениям, по праву можно считать самой изученной. Кажется, ученые давно узнали о ней все, однако результаты нового исследования говорят, что это не так («Chem», 2018, 4, 4, 795–806, doi: 10.1016/j.chempr.2018.01.011)..

Ранее было установлено, что одинарные связи углерод-углерод, длина которых в среднем $1,54 \text{ \AA}$, можно растянуть с помощью объемных заместителей. Отталкиваясь, они вынуждают удаляться друг от друга и атомы углерода, с которыми связаны, — соответственно увеличивается расстояние между ними, то есть удлиняется связь С—С. Таканори Судзуки и Юсуке Исигаки с коллегами из Университета Хоккайдо синтезировали молекулу со связью С—С рекордной длины ($1,806 \text{ \AA}$). Такое расстояние между атомами углерода превышает не только максимальную длину связи С—С, определенную с помощью квантово-химических расчетов, но и минимальное расстояние, для которого теоретически возможно связывание между двумя углеродами («Journal of the American Chemical Society», 1992, 114 (10), 3980–3981; doi: 10.1021/ja00036a057).

До этого рекорд принадлежал Петеру Шрайнеру и Андрею Фокину, которые в



Нейтральные углеводороды с удлиненными одинарными связями С—С

2011 году получили соединение со связью С—С длиной $1,704 \text{ \AA}$ («Nature», 2011, 477, 308–311; doi: 10.1038/nature10367). Судзуки и Исигаки сначала провели компьютерное моделирование, а затем синтезировали производное диспиро(дибензоциклогептатриена), в котором прежний рекорд удалось увеличить на $0,1 \text{ \AA}$. Простая углерод-углеродная связь в этом соединении почти в 1,2 раза длиннее связи С—С в алканах.

Как удалось побить рекорд? Хитрость заключается в строении синтезированного углеводорода. Это устойчивое соединение, в структуре которого есть фрагмент со значительным напряжением и два вынужденно сближенных фрагмента, стремящихся оказаться на максимально

возможном расстоянии друг от друга и растягивающих связь углерод-углерод. Существование связи С—С было подтверждено наблюдением валентных колебаний этой связи в спектре комбинационного рассеяния; а ее длину определили с помощью рентгеноструктурного анализа.

Соединения с экстремально длинными или экстремально короткими межатомными расстояниями позволяют нам глубже понять природу химической связи, в частности ответить на фундаментальный вопрос: «При каких условиях атомы перестают связываться друг с другом?»

Выпуск подготовил кандидат химических наук **А.И. Курамшин**

Ненастоящая кровь

Кандидат химических наук
А.И.Курамшин

«Химия и жизнь» продолжает тему кровезаменителей: какими они бывают, что мешает их разработке и внедрению и что способствует.

*Нас будет ждать драккар на рейде
и янтарный пирс Валгаллы,
светел и неколебим, —*

*Но только через танец на снегу,
багровый Вальс Гемоглобин.*

Олег Медведев

В 2016 году в США доставили в больницу 23-летнего мужчину с геморрагическим коллапсом и потерей крови после аварии. Медики могли бы стабилизировать состояние пациента, перелив ему подходящую по группе и резус-фактору донорскую кровь, но пострадавший и его родственники отказались. Они были членами организации «Свидетели Иеговы», которым запрещены переливание крови и прием препаратов из ее основных компонентов — эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов и/или плазмы. Состояние пациента ухудшалось: понижались частота сердцебиения и давление, падали концентрация гемоглобина и насыщение кислородом крови. Решить проблему с помощью лекарств не удалось.

К счастью для пациента, у врачей был еще один способ спасти ему жизнь, хотя и не совсем санкционированный, — через 30 часов после аварии пациенту ввели гемоглобин-ассоциированный переносчик кислорода гемопюр. Здоровье пострадавшего стало улучшаться, и он выписался из больницы меньше чем через две недели после аварии («Archives of Trauma Research», 2016, 2; 5(2): e30610; doi: 10.5812/atr.30610).

Гемоглобин-ассоциированные переносчики кислорода имитируют поведение содержащегося в эритроцитах гемоглобина (иногда их называют заменителями крови или искусственной кровью). В частности, гемопюр — это кислород-транспортирующая жидкость, которая повышает концентрацию



общего и плазменного гемоглобина и обеспечивает доставку кислорода к тканям и органам. В Европе и США гемоглобин-ассоциированные переносчики кислорода пока еще не одобрили для применения в клинической практике, поэтому использовать заменители крови, как и многие другие препараты, не получившие официального разрешения, можно только в особых обстоятельствах, когда есть серьезная опасность для жизни и здоровья пациента. Как сообщает в коммюнике компании «HbO₂ Therapeutics», производящей гемопюр, этот продукт на сегодня спас жизни двух тысяч человек в разных странах.

Одобрить нельзя запретить

Цель применения гемоглобин-ассоциированных переносчиков кислорода — неполное замещение донорской крови. Их можно использовать для лечения определенных групп пациентов, включая тех, кто не приемлет переливания донорской крови по религиозным соображениям, а также при возможных осложнениях. Например, у людей с серповидно-клеточной анемией, которым необходимо регулярное переливание донорской крови, со временем развивается на нее опасная для жизни иммунная реакция. Существуют и пациенты с редкими типами крови, для которых сложно найти доноров в экстренных ситуациях.

С помощью искусственной крови можно увеличить время хранения донорских органов, предназначенных для трансплантации

Искусственная кровь более практична — она совместима со всеми группами крови. Хранение гемоглобин-ассоциированных переносчиков кислорода не доставляет особых проблем — гемопюр может храниться не менее трех лет при комнатной температуре, тогда как эритроциты донорской крови сохраняются это же время только при температуре ниже —65°C. Неудивительно, что во многих странах создание синтетических заменителей крови финансируют из военного бюджета. Искусственную кровь можно держать в кабине вертолета медицинской службы, в упаковке машины скорой помощи или в хранящейся на складе полевой аптечке. Гемоглобин-ассоциированные переносчики кислорода нетрудно ввести в организм оперативно и в полевых условиях, если у человека сильное кровотечение, а это значительно увеличивает шансы выжить. Применение «ненастоящей крови» также позволяет не думать о том, что донорская кровь может быть заражена, — эти опасения стали особенно сильными в 1980-х годах, когда заговорили о начале эпидемии ВИЧ. Возможно, по этой причине Южно-Африканская Республика, в которой заболевших ВИЧ гораздо больше, чем где-либо на Земле, одной из первых



*Морской пескожил
Arenicola marina — его гемоглобин
уже спасает чьи-то жизни*

официально разрешила применение гемопоюра (в 2001 году).

Почему же медицинские регуляторы Евросоюза и США не торопятся разрешить клиническое применение гемопоюра и его аналогов? Отчасти это обусловлено плохо организованными клиническими испытаниями заменителей крови первого поколения и их результатами. В 2008 году на основании результатов 16 исследований пяти различных заменителей крови был составлен метаанализ, согласно которому гемоглобин-ассоциированные переносчики кислорода значительно увеличивают риск сердечного приступа и преждевременной смерти («Journal of the American Medical Association», 2008, 299, 19, 2304—2312; doi: 10.1001/jama.299.19.jrv80007).

После публикации обзора в редакцию журнала Американской медицинской ассоциации стали поступать письма от членов научного сообщества, в которых говорилось о том, что он был составлен неправильно. В 2015 году появилась статья, в которой убедитель-

но доказывалось, что если из обзора исключить результаты исследования одного из продуктов, работу над которым к 2008 году уже давно прекратили из-за его бесперспективности, то вывод об опасности заменителей крови сменился бы на противоположный («American Journal of Therapeutics», 2015, 22–4, e115–e121; DOI: 10.1097/MJT.000000000000009). Однако мнение об искусственной крови уже было сформировано — американские и европейские регуляторы оборота лекарственных средств относятся к ней осторожно и сдержанно, а финансирование проектов по созданию и изучению гемоглобин-ассоциированных переносчиков кислорода сокращено. Два разработчика заменителей крови, «Polyheme's Northfield Laboratories» и «Hemospan's Sangart», разорились. Разработавшая гемопоюр компания «Биорепур» в 2009 году заявила о банкротстве, купившая ее «ОРК Biotech» также стала банкротом в 2014 году и была, в свою очередь, куплена компанией «HbO₂ Therapeutics».

Однако, по мнению самих разработчиков, в этой грустной ситуации виден просвет. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых про-

дуктов и медикаментов США (FDA), как и аналогичные структуры Евросоюза, начинает более адекватно оценивать минусы и плюсы применения искусственной крови в клинической практике. Стоит упомянуть, что в 1989 году в США был разрешен флуозол, переносчика кислорода на основе перфторированных углеводов; правда, в 1994 году из-за сложностей с применением и большого количества побочных эффектов разрешение отозвали. В 1998 году в ветеринарии начали использовать оксиглобин — аналог гемопоюра. Сначала для лечения анемии у собак, однако позже список видов домашних животных, которых можно лечить оксиглобином, увеличили, и в настоящее время почти 200 тыс животных разных видов успешно вылечили с помощью этого заменителя крови.

В помощь трансплантологам

Наиболее вероятно, что гемоглобин-ассоциированные переносчики кислорода найдут медицинское применение, не связанное с переливанием крови, которое позволит и получить новое финансирование, и продолжить разработки. В настоящее время компания «HbO₂ Therapeutics» продвигает гемопоюр как жидкую среду для хранения донорских органов перед трансплантацией.

Большинство гемоглобин-ассоциированных переносчиков кислорода содержит гемоглобин из природных источников, чаще всего из крови коров. Так, гемопоюр — это раствор полимеризованного бычьего гемоглобина. Получают его следующим образом: из крови коров выделяют эритроциты и разрушают их, затем гемоглобин очищают и проводят его полимеризацию. При этом образуются олигомеры, достаточно большие, чтобы они не могли пройти через слой клеток и покинуть кровеносные сосуды, но при этом недостаточно большие, чтобы стать мишенью иммунной системы.

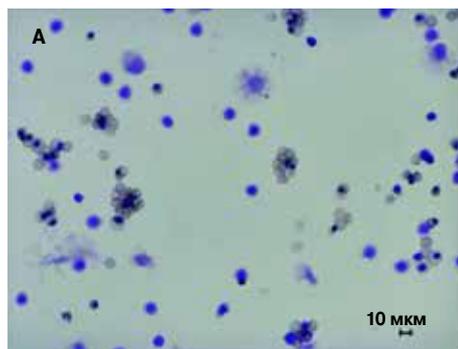
При извлечении предназначенного для пересадки органа он немедленно начинает чувствовать недостаток кислорода. Сегодня стандартная процедура



для подготовки донорского органа к хранению и транспортировке — это замораживание и хранение в консервирующей жидкости. Процедура, кажется, хорошо отработана — низкая температура замедляет обмен веществ в клетках донорского органа и соответственно скорость его повреждения из-за недостатка кислорода. Ни одна из применяющихся в настоящий момент в трансплантологии консервирующих жидкостей не содержит источник кислорода, хотя есть наблюдения, что консервирование органов в присутствии веществ — переносчиков кислорода позволяет хранить эти органы дольше. А это очень важно — у врачей будет больше времени, чтобы найти подходящего реципиента. Это, в свою очередь, повысит эффективность пересадки органов — шансы на благоприятный исход таких операций тем выше, чем выше совместимость донорского органа и реципиента («Liver Transplantation», 2018, 4, 528—538; doi: 10.1002/lt.25005; «American Journal of Transplantation», 2011, 9, 1845—1860; doi: 10.1111/j.1600-6143.2011.03614.x).

В октябре 2017 года пресс-служба «HbO₂ Therapeutics» сообщила о первой успешной пересадке печени, которая ранее считалась неподходящей для трансплантации, но была восстановлена с помощью гемопюра. Операция проходила в медицинском центре Университета Гронингена в Нидерландах. В 2018 году «HbO₂ Therapeutics» планирует начать совместно с британскими клиниками более масштабные клинические испытания по применению гемопюра в трансплантации печени. Кроме того, «HbO₂ Therapeutics» ведет переговоры с Испанским национальным центром исследований сердечно-сосудистых заболеваний, с которым планирует проверить, какой эффект окажет введение гемопюра в венечную артерию сразу после инфаркта. Есть основания полагать, что он обеспечит сердце достаточным количеством кислорода и ускорит его восстановление.

Красные кровяные клетки человека для переливания можно вырастить в лаборатории



Со дна океана в клинику

Еще одна компания, с нетерпением ожидающая разрешения на применение гемоглобин-ассоциированных переносчиков кислорода, — «Nemarina» из Бретани. В ноябре 2017 года «Nemarina» сообщила, что с помощью разработанного и производящегося этой фирмой заменителя крови Nemo2Life провели 60 успешных операций по пересадке печени, — препарат использовали для сохранения донорских органов перед трансплантацией. Эта серия операций была уже вторым этапом клинических испытаний Nemo2Life, а на первом этапе с французским заменителем крови сделано десять успешных пересадок. Сегодня «Nemarina» провела достаточное количество клинических испытаний, чтобы запросить у европейских фармрегуляторов разрешение на применение Nemo2Life в странах Евросоюза. Предполагается, что этот заменитель крови выйдет на рынок уже в 2019 году.

Как и гемопюр, Nemo2Life — производное животного гемоглобина (см. «Химию и жизнь», 2017, 8). Для его производства используют гемоглобин червя — морского пескожила *Arenicolamarina*. Пескожилы — довольно крупные черви, длиной до 25 сантиметров, диаметром около сантиметра. Живут они под слоем песка в прибрежной области и дышат растворенным в воде кислородом. Выжить во время отливов, когда вода уходит, пескожилу помогает особая форма его гемоглобина, в пятьдесят раз тяжелее гемоглобина человека. У пескожилов нет эритроцитов, в их кровеносной системе циркулируют молекулы, которые упрощенно можно рассматривать как олигомеры гемоглобина млекопитающих и человека. Когда пескожил покрыт водой, его гемоглобин насыщается кислородом, после чего он перемещается к внутренним органам животного, где кислород отделяется от белка-переносчика и направляется в ткани червя. У фирмы «Nemarina» есть собственная ферма по разведению червей у западного побережья Франции, на ней ежегодно выводят более миллиона особей, из организма которых выделяют



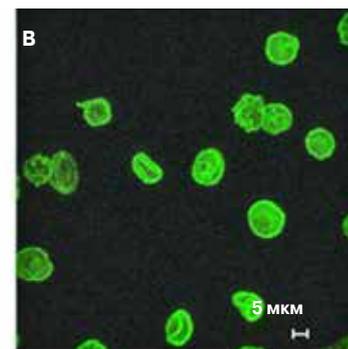
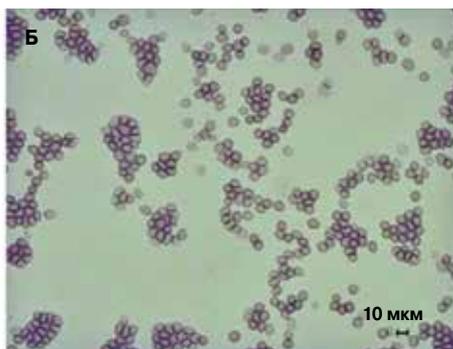
Искусственная кровь, работы над которой начались еще в СССР, разрешена к применению не только в некоторых странах постсоветского пространства, но и в Мексике

ют гемоглобин. В отличие от бычьего гемоглобина, гемоглобин пескожила не нужно полимеризовать или модифицировать — он уже готов для применения.

«Nemarina» планирует использовать Nemo2Life для консервации и других органов помимо печени — например легких, сердец, почек. Компания разрабатывает еще два продукта, содержащих гемоглобин пескожила, — оксигенирующий перевязочный материал под названием Hemhealing и заменитель красных кровяных телец Nemoxucarryer, который предназначен для лечения инфарктов, сердечных приступов и серповидно-клеточной анемии. Предполагается, что первая фаза клинических испытаний препарата Nemoxucarryer начнется в ближайшие два года.

Перфторорганика: сделано в СССР

Использовать олигомеры гемоглобинов животных — не единственный подход к созданию искусственной крови. С 1997 года в России разрешено применение перфторана — субмикронной эмульсии на основе перфторированных органических соединений. Перфторан был разработан в Институте биологической физики АН СССР (ИБФ АН СССР), затем работы над ним продолжились в Институте теоретической и экспериментальной биофизики РАН, который образовался после разделения ИБФ. В



создании препарата принимала участие целая группа ученых, которой с 1979 по 1985 год руководили Ф.Ф. Белоярцев и Г.Р. Иваницкий, а с 1986 по 1997 год — С.И. Воробьев.

Сегодня перфторан разрешен к применению в России, Казахстане, Киргизии, Украине, Узбекистане и Мексике, где он используется под торговой маркой Perftec. Газотранспортная функция перфторана связана со способностью переносить кислород (7 об. % при парциальном давлении кислорода 760 мм рт. ст.) и углекислый газ (60 об. % при парциальном давлении 760 мм рт. ст.), а также с большой поверхностью газообмена, которая обеспечивает большую скорость диффузии кислорода. Перфторан уже успешно использовали для лечения более чем 35 тыс человек, причем практически без побочных эффектов («Shock», 2017, doi: 10.1097/shk.0000000000001063). Делаются попытки вывести перфторан и на рынок США. Права интеллектуальной собственности на перфторированную искусственную кровь, известную там под товарным знаком Vidaphor, принадлежат компании «FluorO₂ Therapeutics» из Северной Каролины.

Основной компонент перфторана и его аналогов — перфтордекалин, способный переносить и высвобождать кислород; другие перфторированные углеводороды выступают в роли стабилизаторов и эмульгаторов. В результате смешения перфторированных углеводородов образуется эмульсия молочного цвета, которая сохраняет устойчивость в течение пяти лет в замороженном состоянии или может храниться две недели при температуре не выше 4°C. В настоящее время «FluorO₂ Therapeutics» разрабатывает процесс производства перфторированного заменителя крови, который соответствовал бы требованиям, принятым в США, а далее планирует провести клинические испытания и запросить у FDA разрешение на клинические испытания рецептуры, основы которой были разработаны еще в СССР.

Искусственные эритроциты

Еще один подход, который можно применить при изготовлении искусственной крови, — заключение переносчика кислорода в полимерную оболочку. Такие структуры и внешне видом, и принципом работы гораздо больше похожи на красные кровяные тельца, чем производные гемоглобина или перфторированные углеводороды. Подобные системы уже существуют, но еще не начались клинические испытания.

Одна из компаний, которая пытается реализовать подобный подход, — «Kalocyte»

(Миссури, США). Разработанные в этой компании торообразные структуры, входящие в состав препарата Erythromer, имитирующие красные кровяные тельца, находятся на стадии доклинических испытаний («Blood», 2016, 128, 1027—1029; doi: 10.1182/blood-2016-07-722421). Очищенный гемоглобин человека заключен в мембрану из синтетического полимера. Внутри мембраны находятся еще два вещества: одно понижает сродство гемоглобина к кислороду, упрощая процесс отдачи гемоглобином кислорода в органы, второе — восстановитель, который не дает железу гемоглобина окисляться, увеличивая стабильность и, следовательно, срок службы частицы.

Полимерная оболочка искусственных эритроцитов Erythromer — не просто «пакет», удерживающий в контакте гемоглобин и модификаторы его свойств. Это высокомолекулярное вещество управляет доступностью низкомолекулярных соединений, контролирующих процессы выделения кислорода. Малые молекулы, которые модифицируют поведение гемоглобина, заряжены отрицательно, а внутренняя поверхность полимерной мембраны несет на себе положительный заряд. В легких, где среда щелочная, низкомолекулярное соединение связывается с внутренней поверхностью полимерной мембраны, увеличивая его сродство к кислороду. При перемещении искусственного эритроцита по организму кислотность среды вокруг него увеличивается, полимер высвобождает малую молекулу, которая связывается с гемоглобином, и гемоглобин легко отдает кислород. Таким образом, система Erythromer эффективнее всего снабжает кислородом ткани со значительной кислотностью, которые им особенно бедны.

Диаметр искусственного эритроцита составляет около 200 нм, примерно в 50 раз меньше, чем у естественного. Препарат можно сушить лиофилизацией. Предполагается, что искусственные красные кровяные клетки будут использоваться для оказания экстренной помощи жертвам чрезвычайных ситуаций до госпитализации. Клинические испытания систем доставки кислорода Erythromer планируется начать в ближайшие три года.

Ферма для крови

Еще один способ получить альтернативу донорской крови — «разведение» эритроцитов. Выращивание красных кровяных клеток человека из стволовых клеток крови донора в лаборатории может обеспечить потребность в редких группах крови. В конце 2018 года должна начаться первая фаза клинических испытаний таких искусственно выращенных эритроцитов.



БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Проект «красных ферм» разрабатывается в Бристольском университете и финансируется Национальными институтами здравоохранения США. Его цель — определить, будет ли время жизни выращенных эритроцитов в кровотоке иным, чем у обычных донорских эритроцитов. Кроме того, исследователи из Бристоля планируют модифицировать процесс, автоматизировать и масштабировать его. Пока они могут выращивать эритроциты в количестве, достаточном для переливания крови ребенку, однако недостаточном для взрослого человека («Haematologica», 2017, 102, 476—483; doi: 10.3324/haematol.2016.154443).

Красные кровяные тельца можно также вырастить из стволовых клеток крови взрослых доноров, но исследователи из Бристоля хотят приспособить для «красных ферм» кровь из пуповины. В донорских банках пуповинной крови обычно можно найти более широкий набор групп крови, чем в обычных банках крови. Однако долгосрочная цель исследователей — модификация выращенных клеток, которая сделает их универсально совместимыми или позволит использовать выращенную кровь в терапевтических целях, — например, такие клетки могли бы помимо кислорода переносить ферменты или низкомолекулярные вещества, стабилизирующие состояние организма.

Итак, есть много рецептов для приготовления «ненастоящей крови», некоторые ее образцы сейчас находятся на стадии клинических или преклинических испытаний. И хотя в наше время уделяется большое (иногда, возможно, чрезмерное) внимание потенциальной опасности лекарственных препаратов, у современных кровезаменителей есть шанс прорваться эти испытания и занять достойное место в клиниках и аптеках.





Биотехнологии — самые экологически чистые?

«Экологический образ» химической промышленности, мягко выражаясь, оставляет желать лучшего. Когда простой человек слышит или читает что-либо о химических превращениях, то чаще всего это вызывает у него только отрицательные эмоции. Они связаны с загрязнением окружающей среды, с авариями на химических предприятиях, потому что такие аварии благодаря СМИ становятся широко известными. В то же время фармацевтическая промышленность и биотехнология избежали подобной участи: считается, что они не наносят вреда окружающей среде. А как на самом деле?

Посмотрим на таблицу из книги «Химические мифы», в которой приведены годовое производство различной продукции в шести видах промышленности в тоннах, общая масса отходов, также в тоннах, и «экологический фактор» E — масса отходов, отнесенная к массе производимой продукции.

Очевидно, что нет непосредственной связи между объемом продукции и объемом отходов. Большая часть химической продукции приходится на нефтегазовую промышленность. Она же производит массу отходов, однако экологический фактор у нее самый низкий! И если при переходе к биотехнологии объем производства сильно снижается,

то экологический фактор, напротив, резко увеличивается. И это не случайно. В нефтяной и газовой промышленности производство продукции редко требует более трех стадий. С другой стороны, в фармацевтической промышленности бывают девяти- и даже двадцатистадийные процессы. Очевидно, что чем больше стадий, тем больше отходов. Действительно, пусть выход всех промежуточных продуктов в каждой стадии высок, например 95% (в химической лаборатории такой выход считается замечательным). Но, как хорошо знают химики, чем больше стадий, тем меньше выход целевого продукта. Например, для трехстадийного синтеза он равен

Продолжение. Начало в №№ 1—4

$0,95^3 = 0,86$; 86%-ный выход считается хорошим, при этом отходы составляют 14%. Для двадцатистадийного синтеза при тех же условиях выход конечного продукта — всего $0,95^{20} = 0,36$, то есть 36% (и 64% отходов). Если же выход каждой стадии вместо 95% будет 85%, то при двадцатистадийном синтезе выход конечного продукта составит всего 3,9% при 96% отходов!

(обычно 12—13%). В таких случаях синтез лекарственных и других препаратов искусственно проводят при пониженных концентрациях, то есть при большом избытке воды. Так, для синтеза 1 кг моноклональных антител (они широко используются в биохимии, молекулярной биологии и медицине) может потребоваться 7000 литров воды, 600 кг неорганических солей

Промышленность	Годовое производство	Отходы	E
Нефтегазовая	От 1 до 100 млн	От 100 000 до 10 млн	< 0,1
Основная химическая промышленность	От 10 000 до 1 млн	От 10 000 до 5 млн	< 1 – 5
Продукция тонкой химии	От 100 до 10 000	От 500 до 0,5 млн	5 – 50
Фармацевтическая промышленность	От 100 до 1000	От 250 до 100 000	25 – 100
Бумажная промышленность	325 млн	От 81 млрд до 325 млрд (включая сточные воды)	250 – 1000
Биотехнология	От 0,1 до 1000	От 700 до 15 млн (включая сточные воды)	7000 – 15 000

Две из приведенных в таблице отраслей промышленности — биотехнологическая и бумажная — потребляют много воды, что сильно увеличивает экологический фактор. Недаром бумажные фабрики обычно строят вблизи рек. Биотехнология с середины XX использует процессы брожения (ферментации) для получения антибиотиков, гормонов, стероидных лекарственных препаратов. Чисто химический синтез тех же веществ был бы значительно сложнее. Синтез антибиотиков с использованием ферментов — прекрасный пример того, как биотехнологии позволяют снизить количества исходных веществ для получения одного и того же количества целевого продукта. Так, при использовании исходного штамма-продуцента (микрорганализма, служащего источником нужных ферментов) удавалось получать целевое вещество в концентрации всего лишь несколько миллиграммов на литр раствора. Понятно, что в таком случае выделение нужного вещества становится весьма неэффективной, длительной и дорогостоящей операцией. Генетическая модификация штамма позволяет сильно повысить концентрацию продукта: в ряде случаев до 10 г/л!

Биотехнологические синтезы обычно проводят в водных растворах, хотя целевой продукт может быть плохо растворим в воде. Бывает также, что сами микроорганизмы не выдерживают сравнительно высоких концентраций продукта. Этим они напоминают дрожжи, которые используют для получения сухих вин из виноградного сока — они погибают, если концентрация этанола в растворе превышает некоторый предел

(которые потом попадают в сточные воды), 8 кг органического растворителя (как правило, это этиловый спирт) и 4 кг расходных материалов (пластиковые пипетки, фильтры и др.) А для получения 1 кг белка со средней молекулярной массой с использованием генетически модифицированной кишечной палочки потребуется уже 15 000 кг воды, 400 кг солей, 100 кг органических растворителей и 20 кг расходных материалов. Наибольшую проблему для очистки сточных вод представляют разбавленные растворы неорганических солей. Их нельзя сжечь, как, например, спирт, а можно только осадить. Большие объемы используемой в процессе воды требуют обязательной очистки и повторного ее использования.

Даже если не принимать во внимание объемы воды, требуемой для синтезов, все равно экологический фактор для биотехнологии окажется по крайней мере в пять раз выше, чем для фармацевтической промышленности. С учетом же потребляемой воды экологический фактор для биотехнологии будет уже в 3000 раз больше! Это неблагоприятное отношение можно несколько снизить, если с помощью генетической модификации микроорганизмов сделать их устойчивыми к повышенным концентрациям веществ и к другим условиям синтеза. Еще один путь — комбинация ферментативных и чисто химических методов синтеза. В качестве примера можно привести микробиологический метод получения L-аскорбиновой кислоты из D-глюкозы. Он включает пять стадий, из которых три — химические (одна из них — получение D-сорбита из



СТО ХИМИЧЕСКИХ МИФОВ

D-глюкозы с помощью каталитического восстановления глюкозы водородом при давлении 80—100 атм и температуре 135—140°C). Сочетание химических и биохимических методов применяют и при синтезе пенициллинов.

Большой расход воды повышает экологический фактор бумажной промышленности. При сравнении разных производств нужно учитывать не только объемы отходов, но и их качественный состав. Например, сброс больших объемов воды, содержащей доли процента хлорида натрия, наносит окружающей среде меньший вред, чем сброс небольшого количества хлорированных органических растворителей. Чтобы учесть это, предприняты попытки изменить критерии оценки экологичности производства посредством введения «фактора качества отходов».

Аналогичным способом можно оценивать, насколько вредят окружающей среде производства, не перечисленные в таблице. Для этого рассчитывают, какой объем воды (в литрах) расходуется в данном производстве на получение 1 кг продукции. Например, для производства килограмма пшеницы, риса, яиц расходуется 1300—3400 л воды, в то время как получение килограмма мяса требует уже 15 500 л. Для сравнения: на производство 1 кг обуви, рубашек, брюк, постельного белья уходит от 4000 до 10 000 л воды. А для выплавки 1 кг стали воды нужно намного меньше: в разных странах и на разных предприятиях от 100 до 250 л.

Очевидно, что любая деятельность связана с образованием отходов. Но общественное мнение бьет тревогу именно по поводу отходов химической промышленности, хотя производство этой промышленностью необходимых для цивилизации товаров более экологично по сравнению с другими производствами, как это видно по фактору E.

И.А.Леенсон

Школьники и социология

Л.А.Ашкинази,
А.В.Кузнецова

Все любят поговорить о том, что читают или не читают современные подростки, но не у всех есть факты с цифрами. Нам повезло — мы получили возможность просто взять и исследовать этот вопрос. Правда, путь к этому оказался не совсем простым.

Постановка задачи и организация преподавания

В стандартной российской школьной программе есть предмет «Обществознание». Он состоит из материалов, которые можно отнести к экономике, политологии, праву и социологии, причем официальная программа и учебник в заметной степени имеют воспитательный характер. В московском лицее № 1525 («Школа на Красносельской», бывшая «на Ленгорах») захотели дополнить этот предмет элективами — курсами по выбору. Причин было две: в лицее существует, среди прочих, социально-экономическое направление, то есть в старших классах в на этом направлении больше времени уделяется социально-экономическим предметам. Поэтому и наличие таких элективов выглядит логично; Вторая причина — ЕГЭ по обществознанию сдает около 60% школьников (самый массово сдаваемый предмет после обязательных — математики и русского языка), поэтому такие занятия могут улучшить общие результаты школы.

Для преподавания одного из этих курсов — социологии — один из авторов этой статьи составил программу, которая охватывала основные вопросы, обычно включаемые в учебники для вузов, но проникала в них на меньшую, так сказать, «школьную» глубину. Программа имела некоторый скос в сторону именно методологии исследований (составление анкет, формирование выборки и т. п.) — предполагалось, что это сделает преподавание более интересным.

Важным для дальнейшего развития событий оказалось то, что школа применила некоторую организационную «амбивалентность» — учащимся было сказано, что посещение занятий обязательно, но в журналах (бумажном и электронном) предмет отсутствовал. Дети это знали и интерпретировали соответственно, тем более что занятия начались в двух группах (9 и 10 классы) на первом и втором уроке в субботу. У биологов для такого есть эвфемизм — «острый опыт»; слушатели начали разбегаться, причем десятиклассники — во главе колонны. К третьему занятию стало ясно, что проект проваливается, преподаватель ошметинился, и программа была изменена радикально. А именно — начался разбор конкретных социологических исследований, выполненных разными исследователями.

Критический разбор серии конкретных анкет позволяет при надлежащем подходе рассказать обо всех методологических приемах, тонкостях и особенностях, а также затронуть и теоретические вопросы. Изложение получается менее логически последовательным, нежели обычно, но плюсы перевесили минусы: посещаемость стабилизировалась. Причем для критического разбора отбирали исследования, выполненные



именно на школьниках. Это позволяло участникам занятия примерять вопросы на себя и свободно рассуждать на темы «не слишком ли сложно сформулирован вопрос», «как об этом можно спросить иначе», «нам было бы понятнее вот так» и т. п.

Через некоторое время слушатели дозрели до проведения социологического исследования в своей школе. Первыми эту идею высказали они сами, но практически одновременно и независимо от них о возможности привлечения слушателей «к чему-нибудь практическому» заговорила администрация школы. Была и тема, интересная как для исследователей, так и для «заказчика», то есть для администрации. В этой школе имеет место такая практика: в определенный день некоторые уроки ведут школьники — в своем или в младшем классе. Готовятся к проведению урока в контакте с преподавателем, причем существует многоступенчатая процедура определения сочетаний «преподаватель — урок — ученик», учитывающая желание преподавателя и ученика принять участие в мероприятии, предпочитаемый урок, а также согласие работать друг с другом.

Нашей задачей было исследование этого мероприятия и отношения школьников к нему. Точнее, была поставлена задача определить:

— какая доля учащихся принимала участие в уроках, проводящихся их «ровней» (в роли обучающихся или ведущих уроки), какое впечатление они оставили у учеников;



flickr.com/ Sharon Mollerus



ОБРАЗОВАНИЕ

В ходе работы была отмечена стратификация школьников, участников эксперимента, по степени энтузиазма и серьезности. В распространении и сборе анкет приняли участие все, в разработке анкеты, обработке данных и составлении отчета — часть (О.А.Благинина, П.А.Дерябин, Д.О.Звырлифус, Г.К.Каминка, А.Л.Лунина, М.Г.Мхитарян), а среди них выделились двое — «организатор» и «аналитик». Первый взял на себя распределение работы среди соучеников, причем они без возражений приняли эту его роль (возможно, традиционную), второй наиболее четко формулировал вопросы и предложения.

Второе проведенное этой же группой исследование касалось чтения школьников. Ниже кратко изложены результаты, полученные в первом и более подробно — полученные во втором исследованиях.

Проведение уроков школьниками

Школьники проводили уроки во всех классах. Эта практика распространяется на базовые предметы всех направлений и, хотя и в различной степени, на профильные предметы разных направлений. В большинстве классов ситуация такова: более половины респондентов помнят, по каким именно предметам были у них подобные уроки, — лишь 5% респондентов не помнят, были ли такие уроки, и 10% не помнят, по каким именно предметам. То есть присутствие на таком уроке — событие запоминающееся.

Сами преподавали в среднем 22% респондентов, но распределение неравномерно: вести уроки ученикам предлагают с 7—8 класса, активно в этом участвуют — с 9-го. Больше всего респондентов, проводивших такие уроки, на социально-экономическом направлении (там их 70%), на других направлениях — от 22% до 28%. Что касается восприятия уроков участниками, то они понравились 85% опрошенных, не понравились — 4%, затруднились с ответом 11%. Позитивные оценки падают с увеличением возраста: от 97% для 5 класса, до 70% для 8—10. Причины, скорее всего, — рост критичности восприятия и уменьшение эффекта новизны. При этом заметной разницы между направлениями нет.

Как позитивные факторы учащиеся отмечали атмосферу занятий (необычность, веселье, новизну мероприятия) — 60% ответов, содержание занятий (понятно, интересно) — 50%, малую нагрузку (мало заданий, не спрашивали, ставили хорошие оценки) — 10%. То есть атмосфера и содержательность занятий воспринимаются как факторы, сравнимые по важности. Отношение важности атмосферы к важности содержательности существенно зависит от класса — для 5—7 классов в среднем 1,2, для 9—10 — 0,9, то есть для младших атмосфера несколько важнее содержания, а для старших наоборот.

Что касается уровня сложности занятий, то он выбран правильно: лишь 10% школьников восприняли их как более легкие (по совокупности заданий и оценок). Хотят проведения таких уроков на всех специализированных направлениях в среднем

— хотят ли учащиеся, чтобы такие уроки проводились впредь (и по каким именно предметам);

— хотят ли учащиеся сами проводить такие уроки — по каким предметам, в каких классах и на каких направлениях;

— по возможности определить различия по всем этим пунктам для разных классов и разных направлений обучения.

Все вопросы анкеты предложили учащиеся. Составление анкеты из всего лишь семи вопросов сопровождалось бурными дискуссиями и заняло около трех уроков. Короткой анкету сделали сознательно — если ее заполнение отнимет много времени от урока, это не вызовет восторга у преподавателей. Изначально предполагалось анкетирование лишь в некоторых классах, но аппетит приходит во время еды — ученики захотели охватить всю школу, с 5 по 10 класс (считалось, что 11-м не до того), и это им удалось. Полученные данные обрабатывали сами школьники, при этом ставилась задача получить данные для разных параллелей (все 5-е, все 6-е и т. д.) и разных направлений (общеобразовательное, физико-математическое, социально-экономическое, гуманитарное, биолого-химическое). По окончании обработки был составлен отчет и результаты были доложены администрации школы. Участники работы рассказали о методике и представили отдельные пункты отчета. Полученные данные администрация оценила как весьма полезные, нас гладили по головке и целовали в носики.

80%, на общеобразовательном — 40%; по любым предметам или не указали, по каким — 23% (вероятно, это респонденты, которым понравилась именно атмосфера). Остальные предпочли проведение таких уроков по конкретным предметам, а именно: по математике — 14%, по русскому языку — 12%, английский язык и физкультура — по 5%. Респонденты в основном выбирают знакомое, так как оно уже понравилось.

Хотят сами проводить такие уроки 60%, не хотя и затрудняются ответить «да» или «нет» — по 20%. Чаще всего, естественно, предпочитают вести уроки в классах на год или два младше, на втором месте — свой класс, на третьем — существенно более младшие, то есть в 5—7 классах — 1—3 классы, в 8 и 9 классах интерес простирается лишь до 5 класса включительно. Возможно, где-то на границе 7 и 8 класса возрастает уверенность в себе и/или исчезает интерес к самым младшим — это вопрос к психологам. Предпочитаемым направлением, что логично, чаще всего называли свое, на котором учатся сами, а на втором месте оказывалось обычно то, на котором учатся знакомые респондента. Конечно, перед знакомой аудиторией преподавать легче.

Исследование чтения школьников

Во втором исследовании охват был увеличен: опросили всех учащихся с 5 по 11 класс, присутствовавших на занятиях, — полтысячи душ. О таких количествах и «настоящие» социологи говорят не краснея. Что прочитано за год, что из прочитанного особенно понравилось и активно не понравилось, количество времени, потраченного на чтение, использование «кратких изложений» (обычно их находят в Интернете), пользование аудиокнигами, чтение с экрана или бумажных книг.

Отношение к чтению колеблется между «я люблю читать, при всякой возможности это делаю» (в зависимости от класса — 17—35%) и «читать мне, в общем, нравится, но умеренно» (13—36%), причем в 5, 6 и 8 классах ответы смещаются к первому варианту, а в 7, 9, 10 и 11 классах — ко второму. Если же разделить массив не по классам, а по направлениям, то все направления, кроме гуманитарного, колеблются между вторым ответом (13—56%) и «если остается время от других дел, то читаю» (5—56%), а гуманитарное смещается к первому ответу (77%), как и должно быть. Среднее время, уделяемое чтению, — 6—8 часов в неделю в младших классах и 8—11 в старших, зависимость от направления слабая. То есть отношение отношением, но жизнь ограничивает свободное время. Такой суровости мы не ожидали.

Что касается замены полного чтения произведений чтением кратких изложений, то в младших классах самый частый ответ «никогда или почти никогда так не делаю» (25—39%), начиная с 9 класса — «бывает, но не слишком часто» (29—55%), то есть опять же: жизнь заставляет. Если рассмотреть направления, то ответ «бывает, но не слишком часто» (22—82%) преобладает на всех, кроме гуманитарного, на котором доминирует «никогда или почти никогда так не делаю» (68%). А если делают, то мотивами во всех случаях являются примерно в равной мере «чтобы понять, стоит ли читать всю книгу» (в зависимости от класса и направления 10—48%) и «чтобы подготовиться к урокам» (12—66%).

Соотношение чтения на экране и на бумаге таково: 5 класс почти всегда читает с бумаги, остальные в равной мере «примерно поровну» (в зависимости от класса и направления 10—42%), «больше с бумаги» (10—43%) и «почти всегда с бумаги» (16—43%). Пользование аудиокнигами слабо зависит от направления, но заметно падает с возрастом: ответы «примерно поровну» и «слушаю чаще, чем читаю» выбирает 18% в 5 классе и 7% в 11-м, а по направлениям — 6—28%.

В анкете был открытый вопрос — респондентам предлагалось перечислить (в свободной форме) книги, которые они прочитали за год. Поскольку прочитанное обычно запо-

минается лучше, если оно произвело впечатление, то чтение, выявляемое таким вопросом, причем при ограниченном времени ответа, можно назвать «актуальным чтением», это не полное количество прочитанных книг. Однако даже при таком подходе можно анализировать распределение респондентов по количеству названных книг и распределение книг по эпохам и жанрам. Разумеется, при этом будет накладываться возрастной тренд способности запоминать и желания называть, так что эти данные следует воспринимать скорее как качественные.

Наиболее часто называемое количество книг для 5—7 классов — 3—5, для 8—11 классов — 5—7, но в 10—11 классах появляется группа «книголюбителей» (порядка 25%), называющих 13—16 книг, причем некоторые перечисляли 20—30 книг и еще жаловались, что не хватило места или времени, чтобы написать все. Примечание — это тот самый случай, когда социологи, сами являющиеся педагогами, жалеют, что анкета анонимна! Гуманитарное направление составляет 29% респондентов, а среди прочитавших 15 и более книг — 52% гуманитариев. Естественно, пересечение признаков усиливает эффект — 10 и 11 классы гуманитарного направления составляют 6% респондентов, а из назвавших 15 и более книг на этом направлении — 29%. Что и понятно: кроме базового курса литературы на этом направлении есть дополнительные курсы поэтики, зарубежной литературы, мифологии.

Для физико-математического и социально-экономического направлений наиболее часто называемое количество книг — 4—6, для гуманитарного и биолого-химического — 7—9, для общеобразовательного — 0—4 (то есть сравнительно велика доля не читающих вообще или, точнее, не уделяющих этому даже минимального внимания). На социально-экономическом и гуманитарном заметна группа «книголюбителей», называющих, как указано выше, по 13—16 книг (отдельные респонденты — 20—30).

Так что же они читают? Первые два места во всех параллелях и направлениях делят российская классика (то есть, по сути дела, школьная программа) и зарубежная фантастика (то есть свободное чтение). Классика побеждает в 9—11 классах (предвкусение ЕГЭ), а из направлений — на общеобразовательном, биолого-химическом и социально-экономическом. В 5—8 классах, на физико-математическом и гуманитарном направлениях побеждает зарубежная фантастика. Третье место в большинстве случаев достается российской фантастике, однако не всегда: в 5 классе и на гуманитарном направлении в целом — современной зарубежной литературе, в 10 классе — зарубежной классике, в 11 классе — зарубежной литературе второй половины XX века, на биолого-химическом направлении — российской нефикшн-литературе. Четвертое место — как правило, зарубежная классика (6—9 и 11 классы, общеобразовательное и социально-экономическое направления). Первые три места «весят» в среднем 30%, 20% и 10% соответственно. Дальнейшее распределение выглядит хаотично, причем заметна конвергенция чтения внутри одного класса (взаимовлияние школьников, влияние кино, компьютерных игр или педагога), что при анализе всего массива выглядит как случайные колебания. Как отмечалось в литературе, даже формально одинаковые классы различаются — у них есть групповая индивидуальность.

В нашем случае погрешность возникает, кроме обычных причин, из-за «мозаичности» совокупности, то есть из-за того, что каждый класс относится не только к параллели, но и к направлению. При этом одинаковые параллели в школе составлены из направлений немного по-разному, а разные направления — из классов, относящихся к разным параллелям, например, в одной параллели может быть больше математиков, в другой — гуманитариев. В этом случае о погрешности можно судить, например, по «шуму», хаотиче-

ским изменениям результатов при движении от параллели к параллели — при отсутствии этих эффектов данные должны были бы меняться в большинстве случаев монотонно.

Сравнение с данными мониторинга 80—90-х годов (данные М.Л.Гайнер и Л.А.Ашкинази, «Социологические исследования», 1994, 11) показывает, что при этом уровне анализа произошедшие изменения невелики. У абитуриентов 90-х годов тоже на первом месте была российская классика, на втором — зарубежная фантастика, а на третьем — российская нонфикшн-литература, которая теперь у физико-математического направления оказалась на четвертом месте. Наполнение категорий фантастики и нонфикшн, конечно, изменилось.

Что касается отдельных авторов, то привести полный список невозможно — он слишком велик — 388 авторов. Но можно выделить тех, которых читают массово, то есть кого назвало хотя бы в каком-то одном классе более пяти человек. Это — Брэдбери (3), Булгаков (5), Гоголь (9), Достоевский (8), Замятин (1), Короленко (1), Дэниэл Киз (1), Лесков (1), Лермонтов (2), Оруэлл (1), Пушкин (10), Роулинг (7), Ремарк (3), Сэлинджер (1), Толстой (9), Тургенев (6), Фонвизин (1), Хэмингуэй (1). В скобках указано количество классов, в которых зафиксировано такое относительно массовое чтение. При большом количестве классов — это массовое влияние, то есть программа, при малом — или влияние конкретного педагога или соученика, встретившее отклик в коллективе.

В анкете имелась просьба к респондентам — в сделанном ими списке литературы отметить, что им понравилось больше всего, что прочитали, а позже пожалели, что потратили на это время. В целом с возрастом доля позитивных оценок уменьшается на четверть — растет критичность. Если выделить оценки двух первых рейтингов, то окажется, что зарубежную фантастику оценивают позитивно в 20—60% случаев, негативно — в 1—7%, российскую классику позитивно — в 6—20% случаев, негативно — в 2—11%. Зарубежная фантастика больше всего понравилась гуманитарному

направлению: позитивно — 50%, негативно — 1%, остальные направления оценили позитивно — 23—35%, негативно 1—8%. К российской классике лучше всего относится биолого-химическое направление: позитивно — 25%, негативно — 4%, тогда как на остальных направлениях позитивно — 10—12%, негативно 4—7%.

Абзац о преподавании социологии и два о преподавании вообще

Если предмет «социология» не является обязательным, достаточный для успешных занятий уровень интереса может быть обеспечен двумя способами. Это существенное содержание в курсе анализа проведенных ранее исследований и организация самостоятельного исследования, прежде всего — в своей школе. Оба метода можно применять совместно, в рамках одного годового курса объемом около 30 академических часов.

От тех, кто реально, «на земле», работает со школьниками, приходится слышать два мнения о них — одно хорошее и одно горестное. Противоречия здесь нет: интеллект у пациента сохранен (хотя «клиповое мышление», «цифровое слабоумие» — уже легитимные термины), но вот с желанием учиться, а говоря мрачнее, с желанием работать — проблемы. То есть пока им кладешь разжеванное в клювик и гладишь по горлышку, они глотают, но с кефира на творог переходят уже с трудом. Стоит отвернуться — ныряют сами знаете куда, если раздать интересный материал на листках, две трети оставляют на столах, а если положить на свой стол и разрешить после урока взять — берет почти... никто.

Возникает вопрос, как возбудить и — да, как поддержать — интерес? Некоторые методы приведены в рассказе Ллойда Биггла-младшего «Какая прелестная школа» (его легко найти сами знаете где). Наш скромный опыт показал, что совместная и самостоятельная деятельность в некоторых случаях тоже эффективна.



Долгожданный, уникальный, удобный!

Вы покупаете архив, устанавливаете на свой компьютер, и он автоматически обновляется каждый месяц. Все самое интересное легко найти и в старых, и в новых номерах. Бесценные рассказы об ученых, о проблемах и методах химии, биологии, физики, материаловедения, история развития науки и техники, смелые гипотезы и идеи, опыты юных химиков, размышления мудрецов, антология научной фантастики второй половины XX — первой половины XXI века, рисунки ведущих художников-графиков, в общем, то, о чем более полувека пишет журнал «Химия и жизнь», есть в его электронном пополняемом архиве.

Цена 1600 р. на флеш-карте с доставкой почтой РФ и 1300 р. при самостоятельном скачивании дистрибутива с сайта. Узнать подробности об архиве и купить его можно на сайте журнала: (www.hij.ru), отправив письмо по адресу redaktor@hij.ru или позвонив в редакцию по телефону (495) 722-09-46 по рабочим дням с 11 до 17-30.

Реквизиты:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,
ИНН/КПП 7701325151/770101001 Банк: ПАО «Сбербанк», г. Москва,
Номер счета: № 40703810938000000848, к/с 3010181040000000225, БИК 044525225
Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»



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

Стоимость подписки на второе полугодие 2018 года: с доставкой по РФ — 1140 рублей, при получении в редакции — 720 рублей. Об электронных платежах см. www.hij.ru. Справки по телефону (495)722-09-46.

Антиокси

Кандидат биологических наук

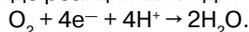
Н.Л. Резник

Хочешь похвалить продукт — назови антиоксидантом. Идея о вреде окислительного стресса и необходимости борьбы с ним проникла в общественное сознание и прочно там укоренилась. Однако это не единственная точка зрения на активные формы кислорода и последствия приема антиоксидантов.

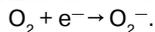
«Кто первый выпустил, что он ревизор?»

Существует легенда о том, как в декабре 1945 года американскому химику Дэнжому Харману попался на глаза купленный его женой дамский журнал. Харман прочел в нем статью под названием «Завтра ты можешь быть моложе», задумался и несколько лет спустя предложил свободнорадикальную теорию старения («Nature», 2015, 528, 322—325, doi: 10.1038/528322a). Суть ее в том, что причиной старения служат побочные продукты метаболизма — свободные радикалы, которые повреждают клетки. Со временем эти повреждения накапливаются, отчего организм болеет и стареет. Следовательно, старение можно задержать, принимая антиоксиданты. В таком виде свободнорадикальная теория и пошла в народ, чему немало способствовали компании, продающие витамины, пищевые добавки и корма для животных, содержащие антиоксиданты. Этот рынок стремительно развивается, и к 2020 году его оборот превысит 3 млрд долларов.

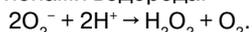
Вообще, идея о вреде окисления носится в воздухе с тех самых пор, как люди поняли, что кислород, которым они дышат, имеет свойство окислять, то есть портить органические вещества во влажной среде. Естественно, возникает вопрос: а как оно в организме? А там глюкоза окисляется с образованием воды и углекислого газа и выделением энергии. Сначала глюкоза в цитоплазме расщепляется на две молекулы пирувиноградной кислоты. Затем эти молекулы отправляются в митохондрии, где претерпевают биохимические превращения. При этом высвобождаются электроны; по цепочке белково-переносчиков, как кирпичики по живому конвейеру, они добиваются до конечного акцептора — кислорода. Акцептор, принявший электроны, представляет собой сильный анион O_2^- , который связывает два протона и образует воду. В общем виде реакция выглядит так:



Однако при разных нарушениях в дыхательной цепи или иных проблемах, таких как ионизирующая радиация, спонтанное окисление гемоглобина или воспаление, кислород восстанавливается не полностью, и образуются супероксидрадикалы:



Радикал непременно должен прореагировать с другой молекулой, причем так, чтобы образовался еще один радикал, который, в силу своей высокой реакционной способности, тоже вступает во взаимодействие. Если этот каскад реакций не остановить, он может длиться долго и перепортить множество молекул, хотя супероксида выделяется очень мало. К счастью, в организме предусмотрен механизм защиты от повреждений. Прежде всего, это ферменты супероксиддисмутазы (СОД), катализирующие реакцию супероксидрадикала с ионами водорода:



Супероксидион не проникает через клеточную мембрану, поэтому его концентрации в цитозоле, межклеточной жидкости и в митохондриях различны. Соответственно, для его обезвреживания существуют разные изоформы фермента, действующие в цитоплазме, митохондриях и межклеточном пространстве.

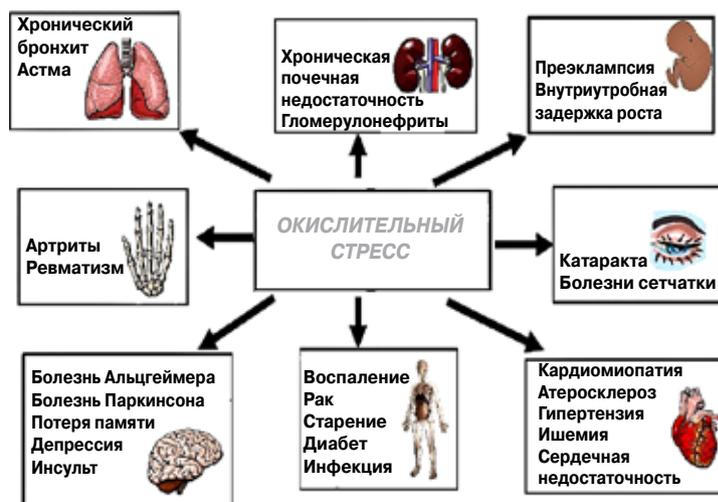
Перекись водорода, которая образуется в результате активности СОД и некоторых окислительных процессов, — также сильный окислитель. Ее дезактивируют ферменты каталазы или глутатионпероксидазы, разлагая на воду и кислород.

Помимо ферментов, существуют антиоксиданты, которые реагируют со свободными радикалами и превращают их в радикалы с малой реакционной способностью. К антиоксидантам относятся в том числе некоторые витамины и растительные полифенолы. Часть этих молекул организм синтезирует, остальные получает с пищей. Все сильные кислородные окислители, как радикальные, так и нет (к последним относятся перекись водорода и озон), представляют собой активные формы кислорода (АФК).

Итак, образование сильных окислителей вполне естественно и безопасно, поскольку живые существа обладают системой антиоксидантной защиты. Однако нас пугают не оксидантами вообще, а окислительным стрессом — ситуацией, когда баланс между образованием окислителей и антиоксидантной защитой нарушен и АФК накапливаются в организме. Они повреждают любые ткани, и нет такого органа, который чувствовал бы себя в безопасности (рис. 1).

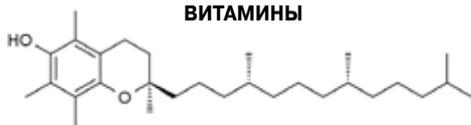
К сожалению, в живом организме скорость образования и выведения АФК измерить нельзя. Медики анализируют количество поврежденной ДНК и продуктов липидного окисления, которые выходят с мочой или при выдохе. Само по себе наличие этих молекул не означает, что организм действительно пострадал, так как он мог восстановить повреждения. Поэтому окислительный стресс остается биохимическим понятием и для диагностики, лечения и прогностических целей не годится.

Представление об окислительном стрессе и свободнорадикальной теории старения вошло во все учебники, однако к началу 2000-х годов стали накапливаться экспериментальные данные, опровергающие эту теорию. Оказалось, например, что у лабораторного червя — нематоды *Caenorhabditis elegans* —

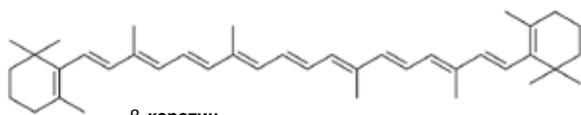


Согласно каноническим представлениям, окислительный стресс может поражать любую ткань, вызывая многочисленные болезни

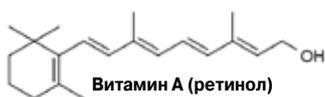
ВИТАМИНЫ



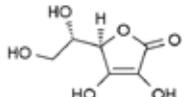
α -токоферол (витамин E)



β -каротин

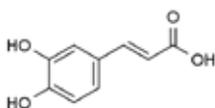


Витамин А (ретинол)

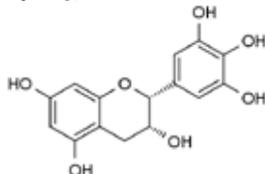


Витамин С (аскорбиновая кислота)

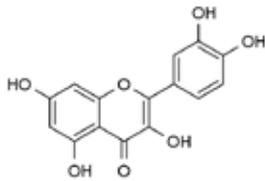
ПОЛИФЕНОЛЫ



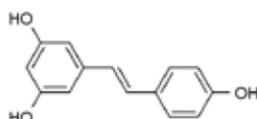
Кофейная кислота



Эпигаллокатехин



Кверцетин



Ресвератрол

2

Некоторые природные антиоксиданты

уровень экспрессии СОД в условиях окислительного стресса существенно не влияет на продолжительность жизни. У трансгенных червей, которые не синтезировали некоторые СОД, концентрация свободных радикалов повысилась, и они должны были разрушить тело нематоды, однако этого не произошло («Genes & Development», 2008, 22, 3236—3241, doi: 10.1101/gad.504808). Авторы исследования, британские и бельгийские специалисты под руководством профессора Университетского колледжа Лондона Дэвида Джемса, пришли к выводу, что O_2^- — отнюдь не главный фактор, определяющий старение нематод. Этот вывод подтверждают и эксперименты с червями, у которых в результате генетической модификации увеличился уровень определенных свободных радикалов. Мутанты жили дольше, чем обычные черви, а когда им стали скармливать антиоксиданты, утратили долголетие.

Допустим, нематоды достаточно далеки от нас, но вот млекопитающие, трансгенные мыши, у которых экспрессия СОД, каталазы, обоих ферментов или двух разных форм СОД была в два — четыре раза выше, но жизнь им это не продлило («Aging Cell», 2009, 8, 73—75, doi: 10.1111/j.1474-9726.2008.00449.x).

У голых землекопов уровень естественных антиоксидантов ниже, чем у других грызунов, а окислительных повреждений в тканях больше. При этом они не только живут 25—30 лет — срок, для грызуна фантастический, — но практически не болеют и умирают здоровенькими. Эти результаты впечатляют, однако еще интереснее данные, полученные на людях.

«Все принимайте витамин!»

Людей не вынуждают экспрессировать добавочную порцию СОД, зато их пользуют антиоксидантами. Чаще всего это витамины. Кардиолог Анджело Ацци, профессор Университета Тафтса (Бостон, США), собрал подборку фактов об их анти-



ЗДОРОВЬЕ

окислительной активности («BioFactors», 2017, 43, 785—788, doi: 10.1002/biof.1388).

Наиболее известен в этом качестве жирорастворимый α -токоферол, он же витамин E, — компонент клеточных мембран (рис. 2). В учебниках написано, что он защищает мембранные липиды от окисления. Данные о его эффектах противоречивы. Оказалось, в частности, что регулярный прием α -токоферола не влияет на частоту сердечно-сосудистых заболеваний и состояние больных раком не облегчает. Что касается глазных заболеваний, витамин, принятый один или в сочетании с другими антиоксидантами, не снижает риск развития катаракты и атрофии сетчатки. Кроме того, α -токоферол, по данным большинства исследований, не поддерживает когнитивные способности и не замедляет их снижение при нормальном старении. А если кто считает, что витамина просто недостаточно и надо принять побольше, пусть воздержится — чрезмерно высокие дозы α -токоферола вызывают кровоизлияния, повышают смертность и увеличивают риск рака простаты.

Другой знаменитый антиоксидант — β -каротин, предшественник витамина А. Его свойства изучали в рамках исследования, посвященного влиянию α -токоферола и β -каротина на риск развития рака легких у курильщиков (Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene —ATBC). Это двойное слепое исследование проводили в Финляндии. В 1985—1988 годах ученые привлекли к сотрудничеству 29 133 мужчин от 50 до 69 лет, выкуривавших не менее пяти сигарет в день. Они ежедневно принимали витамин E в форме α -токоферолаацетата, β -каротин или плацебо. К 1993 году среди участников зарегистрировали 876 новых случаев рака легких. Альфа-токоферол, по-видимому, практически не повлиял на заболеваемость, среди участников, принимавших β -каротин, число заболевших оказалась на 18% выше, чем в группе плацебо, а общая смертность — на 8% выше, прежде всего из-за рака легких и ишемической болезни сердца («The New England Journal of Medicine», 1994, 330, 1029—1035, doi: 10.1056/NEJM199404143301501).

После таких результатов испытуемые прекратили прием витаминов, но за их здоровьем продолжали наблюдать. Известно, например, что антиоксидантная защита понижена у больных сахарным диабетом второго типа. Диабетом заболело 705 участников исследования, но риск заболевания не был связан с уровнем витаминов в сыворотке («Diabetologia», 2008, 51, 47—53, doi: 10.1007/s00125-007-0864-0). Антиоксиданты и тут не помогли.

В других испытаниях β -каротин в сочетании с ретинолом ежедневно принимали 18 314 человек с высоким риском развития рака легких (Carotene and Retinol Efficacy Trial — CARET). Активную фазу исследований, начатых в 1985 году, прекратили в 1996-м, на 21 месяц раньше запланированного срока, поскольку витамины, как оказалось, повышают риск развития рака легких, особенно у людей, имевших дело с асбестом (<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT00712647>).

Есть и другие исследования, согласно которым усиленный прием β -каротина, витаминов А и E в составе витаминных комплексов не снижает риск смерти, а в некоторых случаях его увеличивает по крайней мере на 5%.



Эпидемиологические исследования показывают, что люди, которые едят много овощей и фруктов, богатых витаминами и другими антиоксидантами, живут дольше и у них реже развивается рак по сравнению с теми, кто фруктов не ест. Кажется очевидным, что диета, богатая антиоксидантами, улучшит здоровье. Но результаты многих строго выполненных экспериментов опровергают эту гипотезу. Почему так получается?

Одна из причин, по мнению профессора Ацци, заключается в том, что молекулы, проявляющие антиоксидантные свойства в пробирке, утрачивают их, попав в организм. Тот же витамин Е теряет способность реагировать со свободными радикалами, если взаимодействует с токоферол-ассоциированными белками (tocopherol associated proteins — TAPs) или сывороточным альбумином. Молекула в результате становится совершенно инертной. А есть еще фермент α -токоферолкиназа, который переносит фосфатную группу с АТФ на спиртовой остаток токоферола, образуя очень стабильный эфир, не обладающий антиоксидантными свойствами. Другие белки взаимодействуют с ретинолом и лишают его способности обезвреживать АФК.

Фрукты богаты не только витаминами. Существует большая группа биологически активных соединений, полифенолов, которые в пробирке ведут себя как антиоксиданты (рис. 2). К ним относятся кофейная кислота, которая присутствует в кофе, тимьяне, шалфее, мяте и семенах подсолнечника; эпигаллокатехин из чая; кверцетин, обнаруженный в каперсах, укропе, кинзе, красном луке, радикьо (итальянском цикории) и многие другие. Полифенолы активно используют в традиционной медицине, а специалисты исследуют их лечебные свойства. Однако биодоступность полифенолов в организме невелика. Ферменты сразу блокируют гидроксильные группы полифенолов, которые как раз и проявляют антиоксидантные свойства, а затем их эффективно удаляют из организма. В результате содержание полифенолов в плазме крови не превышает нескольких микромолей. Чтобы плазма приобрела антиоксидантные свойства, нужна гораздо большая концентрация.

Потрясение или встряска?

У окислительного стресса две стороны. Избыток АФК повреждает биологические молекулы, при этом некоторые окислители, такие как перекись водорода или синглетный молекулярный кислород, выполняя роль медиатора сигнальных путей, регулируют экспрессию генов и позволяют организму адаптироваться к ситуации. Эти молекулы стимулируют иммунитет, мобилизуют систему ионного транспорта, привлекают тромбоциты к месту повреждения, запускают программу апоптоза. Именно благодаря сигнальным молекулам АФК организм справляется с ультрафиолетовым и ионизирующим излучением, инфекцией, реагирует на питание, образ жизни и физическую нагрузку.

Физическая активность и антиоксиданты — традиционный рецепт здорового образа жизни. Физические упражнения действительно продлевают жизнь и улучшают состояние больных сахарным диабетом 2-го типа и инсулиновой резистентностью. Но что будет, если сочетать нагрузку с антиоксидантами? Ведь во время зарядки в митохондриях усиленно образуются

активные формы кислорода. Исследователи проверили, как влияет коктейль из физических упражнений и витаминов А и Е на инсулиновую резистентность здоровых молодых людей («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2009, 106, 8665—8670, doi:10.1073/pnas.0903485106). Оказалось, что после четырех недель занятий чувствительность к инсулину действительно возрастает, но только в отсутствие антиоксидантов. Это происходит потому, что АФК стимулируют экспрессию регуляторов транскрипции генов, которые обеспечивают чувствительность к инсулину. Эти же сигнальные молекулы активируют синтез ферментов антиоксидантной защиты, которые улавливают лишние окислители. Прием антиоксидантов блокирует оба процесса и, следовательно, нивелирует оздоровительный эффект физкультуры. Получается, что активные формы кислорода и легкий окислительный стресс могут быть полезны, а антиоксиданты — нет.

Все это не означает, разумеется, что витамины и полифенолы бесполезны или вредны для здоровья. Витамины в определенных дозах и при определенных ситуациях жизненно необходимы, однако не из-за антиоксидантных свойств. Витамин А нужен для работы зрительного пигмента, его дефицит приводит к задержке развития и роста. Альфа-токоферол незаменим при атаксии (нарушенной координации движений), вызванной недостатком витамина Е. Это редкое генетическое заболевание, связанное с нарушением секреции α -токоферола из печени в кровь. Витамин Е также назначают при неалкогольном поражении печени. Он снижает концентрацию С-реактивного белка воспаления и усиливает защитные функции иммунной системы. Кстати, наиболее активная форма витамина Е — не имеющий антиоксидантных свойств токоферолфосфат.

Все больший интерес вызывает способность полифенолов регулировать активность рецепторов, ферментов, факторов белковой транскрипции и сигнальных каскадов. Некоторые из этих эффектов показаны на клеточных культурах, другие — на животных. Исследований на человеке пока немного, их результаты противоречивы. Один из наиболее изученных полифенолов — ресвератрол, обнаруженный в чернике, винограде, малине и шелковице. На него надеются как на средство здорового старения, он увеличивает продолжительность жизни, возможно активируя фермент сиртуин. Этот фермент модифицирует гистоны и изменяет конформацию хроматина, играя важную роль в регуляции генной экспрессии. Ресвератрол испытывали на дрожжах и мышах, о его действии на людей говорить рано. Фармацевтическая компания GlaxoSmithKline начала клиническое испытание ресвератрола, но быстро его свернула из-за отсутствия эффекта препарата и сомнений в его безопасности. Компания Elysium исследует метилированную форму ресвератрола, птеростилбен, которого особенно много в чернике. Птеростилбен более биологически активен, чем ресвератрол. Исследователи надеются, что он будет служить предшественником одной из важнейших функциональных молекул организма, NAD⁺, которого с возрастом становится меньше. Пока эти упования не подтверждаются и лекарственная активность полифенолов не доказана.

Тем временем рынок антиоксидантов продолжает агрессивную и не всегда корректную рекламу. Так, примерно в 35 тысячах косметических продуктов присутствует витамин Е как природный антиоксидант, улучшающий состояние кожи и волос. Однако в эти средства добавляют не α -токоферол, а α -токоферолацетат. Эта молекула не в состоянии обезвредить свободные радикалы, поскольку не имеет гидроксильных групп, а ферменты кожи не могут ее расщепить. Таким образом, α -токоферолацетат в косметической продукции как антиоксидант не функционирует. Хорошо это или плохо? Научных данных об этом нет, остается на чем-нибудь погадать.





Кукла

Валентин Гусаченко

Мы переехали в этот город месяц назад.

«Мама, у меня совсем нет друзей», — сказала дочь.

«Настоящий друг!» — кричала надпись с буклета, что в тот же вечер попался на глаза в одном из торговых центров. С обложки разноцветной бумажки на меня смотрели радостные мордашки — мальчик и девочка.

— Искусственные люди от компании «Настоящий друг» почти ничем не отличаются от настоящих! — надрывался прыщавый парень возле стенда. — Почти!

«Очередная кукла. На время. Позже Маша найдет настоящих друзей», — убедила я себя и уже утром завела в Машкину комнату за ручку светловолосую девчущку, что появилась на свет несколько часов назад по моему заказу.

— Знакомься, это... — Я замаялась. Имя-то я и не успела придумать.

— Леночка! — визгнула Машка и подскочила к подружке. — Меня Машей зовут. Пошли к мишкам на чай?

— Пошли! — Лена улыбнулась, выдернула крохотную ладонку из моей вспотевшей руки и уселась на полу подле игрушечного стола с игрушечными чашками и ложками, игрушечными гостями и игрушечными пирожными.

«Совсем как настоящая», — подумала я и незаметно убежала на кухню. Девочки защелкали.

«Дай Бог», — замерла я на мгновение.

Но Бог не дал. Леночку через несколько недель мы сдали по гарантии. Дети что-то не поделили, отчего любимый медведь оказался порван в клочья. Появилась «новая» Машка. Девочка изменилась.

Скоро появился и новый медведь.

Затем появилась Лика, потом — Катя, позже — Алиса. Но никто не задерживался надолго. Маша чувствовала подделку, выживала, избавлялась. Дочь, казалось, перебирала кукол.

А я молчала. Я потакала прихотям маленького кукловода, которого сама и создала.

НАНОФАНТАСТИКА

— Мама, — подошла ко мне однажды Маша, — можно?

— Конечно. — Я отложила работу: — Что случилось?

— Наташа хочет обратно.

— Что на этот раз?

— Ничего, — дочка насупилась. — Она сама хочет обратно.

А я не хочу. Первый раз не хочу! Не хочу, чтобы она уезжала! Не пускай! Не пускай!

Машка разревелась, уткнулась головой в спинку дивана и тихо-тихо завывала. Страшно завывала, мрачно, тяжело. Я никогда от нее такого не слышала.

— Солнышко мое, ну ты чего, — я постаралась ее успокоить, но сделала только хуже. Маша отмахнулась, вскочила и убежала во двор.

Я замерла. Она никогда себя так не вела.

— Тетя Света, я готова, — донеслось через мгновение из коридора.

Я обернулась.

Там стояла Наташа. Ее светлые густые косички пропали, будто их кто-то откромсал тупым ножом.

— Маша отрезала мне косички. Звоните домой, я готова.

— Да. — Я опешила, не в состоянии поверить, что это сделала моя добрая Машка. — Телефон...

— Держите, — чересчур спокойно ответил ребенок и протянул трубку.

— Да-а...

— Я готова, — снова напомнила о себе Наташа.

Девочка улыбалась.

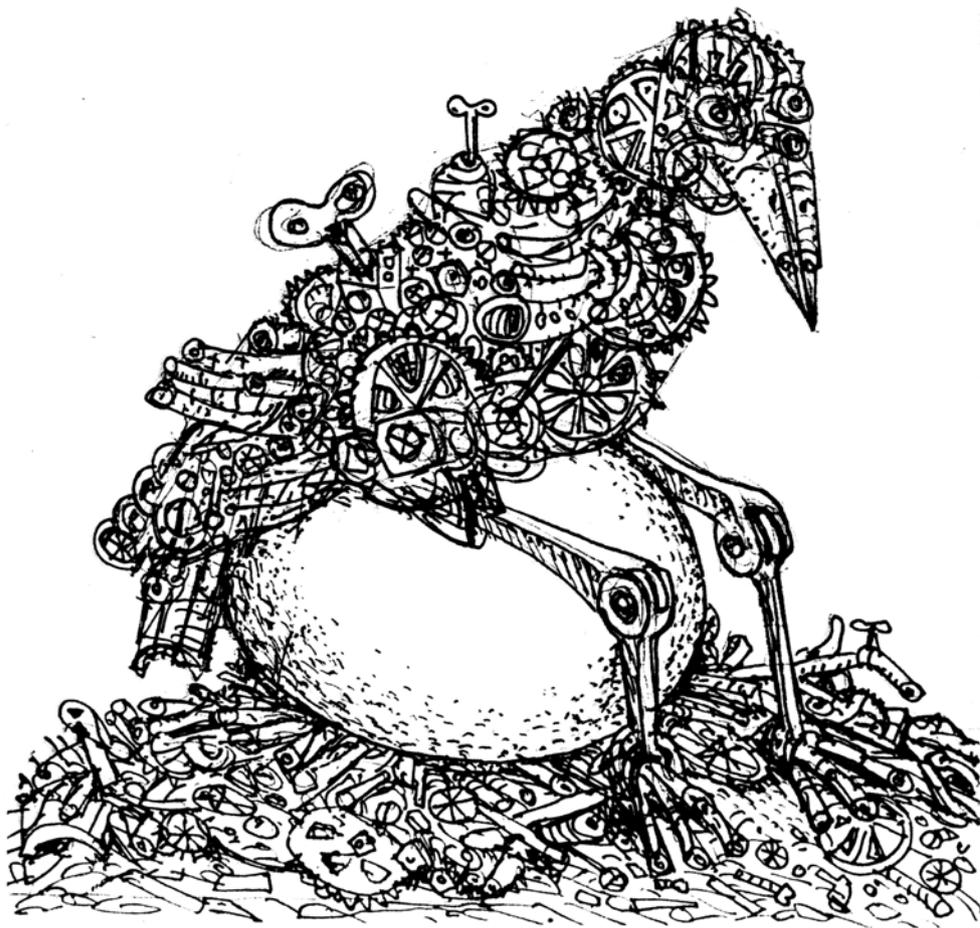
— Алло? — Мой голос дрожал.

— Компания «Настоящий друг!» Говорите! — раздалось на том конце.

— Я хочу вернуть друга по гарантии, — с трудом произнесла я.

— Светлана Петровна? — спросил мужчина на том конце. — Наташа не подошла? Наши специалисты уже выезжают! Соберите ребенка!

— Наташа остается. Забирайте Машу. Гарантия на нее еще не истекла.



**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/

Все в сад!

Почти три четверти лекарств, успешно прошедших тестирования на животных, проваливают клинические испытания, а из тех, что вышли на рынок, десятую часть отзывают из-за обнаруженных побочных эффектов. Каждый подобный случай — это погубленное здоровье сотен людей, иногда десятки смертей, а также десять — пятнадцать лет работы и огромные средства, потраченные впустую.

Одной из причин такого количества неудач специалисты считают условия лабораторных исследований. Прежде всего, они вызывают у животных стресс. Многие согласны, что стандартная температура, которую поддерживают в вивариях, 20—26°C, комфортна для людей, но для мышей низковата. С другой стороны, грызуны избавлены от многих природных трудностей: им не приходится добывать еду, бороться за территорию и право продолжить род. Увы, эта кажущаяся легкость бытия отрицательно сказывается на самочувствии: небольшое естественное напряжение животным полезно. Кроме того, многих природных факторов, влияющих на действие лекарства, вероятность заболеть и возможность выздороветь, в лаборатории попросту нет, поэтому работа в искусственных условиях неизбежно искажает результаты. Для получения достоверных данных эти условия необходимо приблизить к реальным.

Простейшая возможность заключается в том, чтобы выращивать лабораторных мышей в грязных помещениях. Обычно их оберегают от любой заразы, и в результате Т-клетки иммунной системы, которые должны хранить память о перенесенных инфекциях, малочисленны и не помнят ничего. На таком объекте нельзя изучать болезни и лекарства, предназначенные для взрослых людей с отягощенной иммунной памятью.

Однако разведение животных, напичканных потенциальными возбудителями, чревато опасными последствиями. Специалисты Университета штата Миннесота в Миннеаполисе под руководством Дэвида Мазопуста предлагают менее опасный путь. Они купили мышей в зоомагазине и поместили их в одну клетку со стерильными лабораторными («Nature», 2016, 532, 512—516. doi: 10.1038/nature17655). Магазинные мыши, выросшие в обычных условиях, имеют



более развитую иммунную систему и устойчивее к разным инфекциям. Лабораторные животные быстро нахватили от новых соседей всевозможных бактерий, клещей, вирусов и паразитов, после чего их Т-клетки обрели необходимый жизненный опыт и стали напоминать Т-клетки взрослых людей (и магазинных грызунов). Исследователи отмечают, что контролируемое воздействие определенными патогенами или продуманное соседство влияет на состояние иммунной системы лабораторных мышей и позволяет сделать из них объект, более подходящий для решения конкретной задачи.

Соседство так соседство! Американский биолог Уэйн Поттс, профессор Университета штата Юта, выпустил своих подопечных мышей из клеток под общую крышу, соорудив для них подобие амбара. Это загончик площадью 35 м², разделенный на шесть отсеков (рис. 1). В каждом отсеке есть кормушка и поилка, и в четырех из них стоят закрытые пластиковые контейнеры с узкими входами — удобные места для отдыха и появления потомства. На остальных двух участках таких укромных уголков нет, боксы из прозрачного пластика не защищают от света. Жить в этих отсеках некомфортно, размножаться негде. Территория разгорожена проволочной сеткой, по которой легко карабкаться, однако определенные сложности она создает. В каждый из шести загончиков Поттс помещал по 8—10 самцов и 14—18 самок. Самцы легко взбирались по сетке, пересекали границы и по 50 раз в день дрались за лучшие участки. Победитель получал еще и самок. В этой борьбе проявляются многие физиологические проблемы, невидимые в лаборатории.

Исследователь выпускает в полувольные условия экспериментальных и контрольных мышей, а дальше ему

1
Псевдоамбар Поттса — полувольная жизнь под общей крышей. Проволочная сетка разделяет территорию на отсеки. В четырех отсеках «люкс» стоят серые непрозрачные контейнеры-убежища, в двух других укрыться негде. В каждом отсеке есть кормушка (черная труба) и белая поилка. Аппаратура позволяет следить за перемещениями животных

остается только наблюдать за их совместным существованием и сравнивать. Качество мышиной жизни можно измерить приспособленностью, то есть количеством оставленных потомков. Допустим, животные получали некий препарат, который производит впечатление эффективного и нетоксичного. Казалось бы, все в порядке. Однако если приспособленность экспериментальных мышей в псевдоамбаре существенно ниже, чем в контроле, это свидетельство скрытого неблагоприятия, и необходимо искать его причину.

Такой метод под названием «анализ эффективности организма» (organismal performance assay — OPA) Уэйн Поттс использует с 1980-х годов («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2018, 115, 3196—3199, doi:10.1073/pnas.1803284115). Оказалось, что OPA действительно подходит для испытания лекарств и выявления их скрытых недостатков. Поттс доказал это в опытах с заведомо вредным препаратом цервистатином (Baycol®, Lipobay®; Bayer, Leverkusen, Germany), предназначенным для снижения уровня холестерина в крови. Он появился в продаже в 1998 году, но уже в 2001-м был отозван из-за тяжелых побочных эффектов. У 700 тысяч пациентов цервистатин вызвал 385 несмертельных и 52 смертельных случаев рабдомиолиза (разрушения скелетной мускулатуры, приводящего к отравлению почек). Доклинические испытания проводили на нескольких видах животных, и препарат не вызвал

у них осложнений. Но когда мышей, контрольных и получивших соответствующую дозу лекарства, выпустили в общий псевдоамбар, оказалось, что спустя несколько недель совместной жизни экспериментальные самцы весят на 10% меньше, чем контрольные, а смертность у них в три раза выше. В большинстве случаев они проигрывают битвы за участки премиум-класса, а потомков у них рождается на 41% меньше, чем у самцов, не получавших цервистатин. У экспериментальных самок детенышей рождается на четверть меньше, чем у матерей контрольной группы («Evolutionary Applications», 2016, 9, 685—696, doi:10.1111/eva.12365).

Другой эксперимент выявил скрытые последствия потребления сахара. Все знают, что в больших количествах он вреден, но ведь немного можно. Поттс давал мышам смесь фруктозы и глюкозы в таком количестве, чтобы на них приходилась четверть калорий дневного рациона. Эта доза эквивалентна среднесуточному потреблению любимого американцами кукурузного сиропа. Мыши из контрольной группы обходились без сахара. Спустя двадцать шесть недель Поттс выпустил грызунов из обеих групп в один амбарчик, где сластей уже не было, и оказалось, что «сахарные» самки умирают почти в два раза быстрее, чем контрольные. Самцы, привыкшие к сладкой жизни, захватывали на 26% меньше комфортных территорий и наглодили детенышей на четверть меньше, чем конкуренты. Результат показал, что сахар в обычных количествах вреден не только для зубов, хотя и не объяснил почему («Nature Communications», 2013, 4:2245, doi:10.1038/ncomms3245).

Еще больше воли дала своим мышам эколог из Принстонского университета Андреа Грэхем. Их выпустили под открытое небо. Лабораторные лапы ступили на сырую землю, ветер взьерошил шерстку на спине. Правда, поляна окружена полуметровым металлическим забором, заглубленным на 80 см в землю, чтобы мыши не устроили подкоп. В загоне есть кормушки и поилки, а над головой болтаются алюминиевые пластинки, отпугивающие хищных птиц (рис. 2). Однако во

всем остальном грызуны предоставлены сами себе.

Андреа Грэхем интересовало, насколько соответствуют истине лабораторные данные о восприимчивости к паразитарным инфекциям («PLoS Biology», 2018, 16: e2004108, doi: 10.1371/journal.pbio.2004108). Она работала с грызунами линии C57BL/6, устойчивой к кишечным нематодам *Trichuris muris*. В лаборатории у этих мышей, проглотивших много яиц паразита, червей в кишечнике вылупляется мало. Если спустя десять дней после заражения мышей выпустить на волю, то через месяц нематод у них окажется в 13 раз больше, чем у животных, не покидавших лабораторию. В случае, когда мышей сначала выпустили, а потом заразили, разница будет двадцатикратной. Нематоды у вольных грызунов не только многочисленнее, но и здоровенные — масса одного паразита в сто, а то и тысячу раз больше, чем у лабораторного червя.

Итак, мыши, устойчивые к *T. muris* в лаборатории, не в состоянии противостоять им на воле: в загоне зараженность устойчивых грызунов оказалась примерно такой же, как у мутантов с ослабленным иммунитетом, чувствительных к паразитарным инфекциям.

Грызуны на лужайке получают тот же корм, что и в лаборатории, однако они дополняют свой рацион всем, что находят вокруг. На земле они ведут нормальный мышиный образ жизни и роют норы. От этого разнообразие и численность микрофлоры в их кишечнике существенно возрастают. А нематоды вылупляются лишь в случае, когда кишечные бактерии, особенно некоторые виды лактобацилл, прикрепляются к определенной области яйца. Чем дольше животное пробудет на воле, тем больше микробов подцепит и тем больше паразитов проклюнется из яиц. В чистенькой лаборатории микрофлора мышей немногочисленна, не столь разнообразна и вылуплению нематод не способствует. А еще под открытым небом у грызунов меняется иммунный статус, отчего они становятся более восприимчивы к паразитам. Так свобода стирает различия между лабораторными линиями.

Внешние условия влияют на распространение инфекции, действие лекарств



ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

и пищевых продуктов. Поэтому данные, полученные в лабораторных экспериментах, плохо соотносятся с реальной жизнью. В такой ситуации шаг из клетки — это шаг в правильном направлении. Однако на этом пути исследователей ожидают препятствия, которые пока трудно обойти.

Прежде всего, контролировать параметры эксперимента можно только в лаборатории. Животных, обитающих в одном пространстве, нельзя разделить на экспериментальные и контрольные группы, которые по-разному питаются или испытывают разные внешние воздействия (температуру, влажность, световой режим). Пока Поттс кормил мышей сахаром или пичкал цервистатином, он держал их в клетках, и лишь потом выпускал в общий загон. Исследования в контролируемых условиях гарантируют воспроизводимость результатов, однако какова будет их достоверность?

Вторая проблема заключается в том, что с лабораторными линейными мышами куда легче работать, чем с дикими — или даже с инбредными линиями, чьи предки были пойманы в природе менее 20 поколений назад. Линейные мыши не такие прыгучие, позволяют брать себя в руки и хорошо размножаются в лабораторных условиях. Между тем под общей крышей себя лучше чувствуют именно нелинейные грызуны. Поттс работал с мышами, пойманными 10—12 поколений назад. Но Андреа Грэхем сравнивала линейных мышей, и у нее все получилось.

И наконец, проблема места. Исследовательские центры не готовы строить помещения, которые могут вместить до тысячи мышей, возможно зараженных вирусами или паразитами.

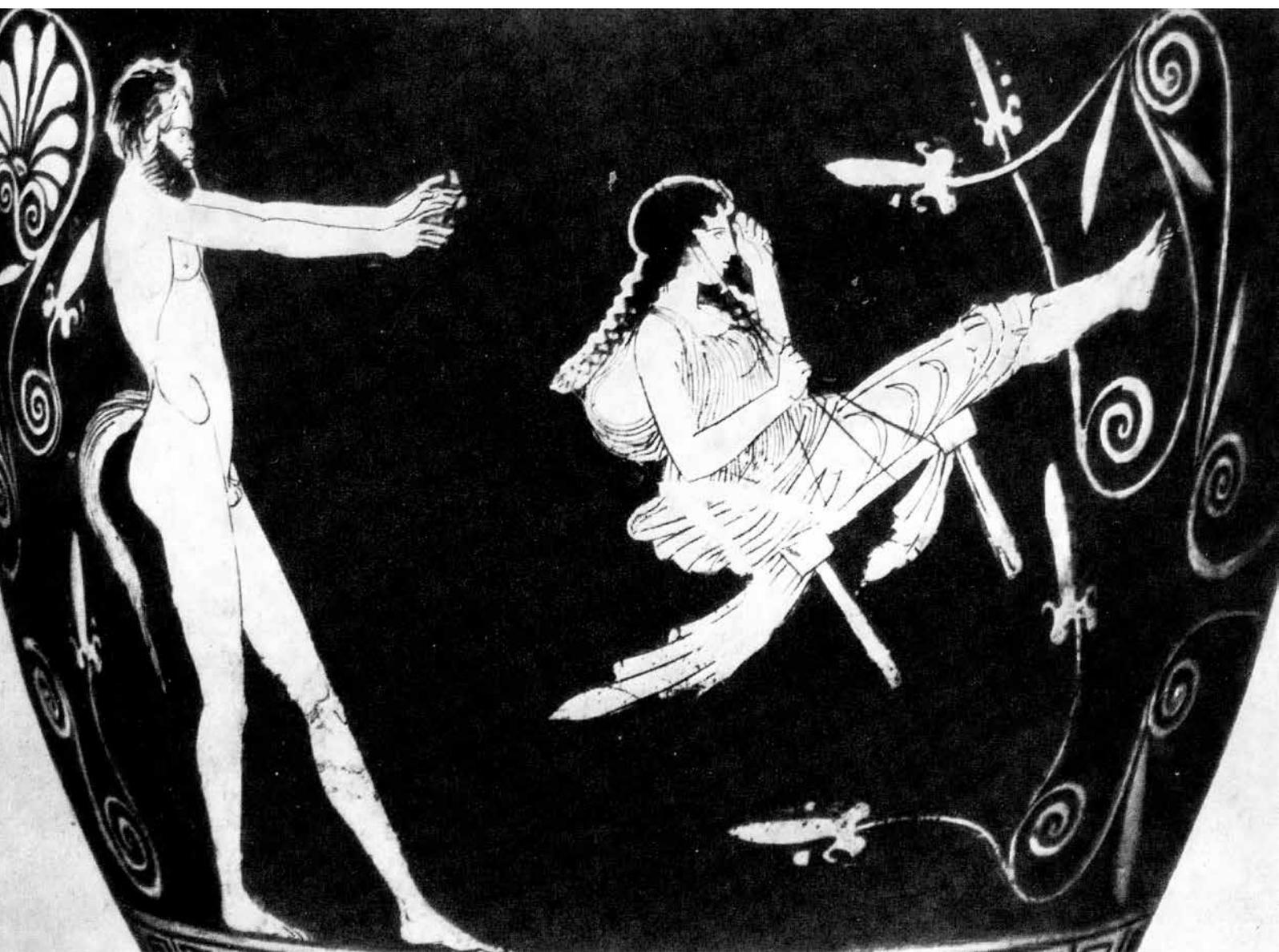
Несмотря на все эти сложности, уже сейчас ясно, что результаты, наблюдаемые вне клетки, принципиально отличаются от лабораторных. Грэхем полагает, что их можно будет обобщить через 5—10 лет. Конечно, амбары и загоны не решат всех проблем, но помогут дополнить традиционные методы исследования. Пусть лабораторные животные узнают жизнь.

Н. Анина

2

Свобода за высоким забором





О магнитном упорядочении псов

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Исследование ориентации тел собак относительно геомагнитного поля во время испражнения Игнобелевский комитет удостоил премии по биологии в 2014 году. Получил ее большой творческий коллектив — двенадцать чешских зоологов и физиков во главе с Хайнеком Бурдой, работающим в пражском Чешском университете наук о жизни и университете Дуйсбурга-Эссена («Frontiers in Zoology», 2013, 10, 80; <http://www.frontiersinzoology.com/content/10/1/80>). Ранее этот же коллектив изучал магнитное упорядочение коров, стоящих и лежащих на пастбище, оленей в лесу и охотящихся лис.

Казалось бы, изучить упорядочение испражняющихся собак несложно. Собери добровольцев, вручи каждому компас, и пусть они во время прогулок с питомцами фиксируют ориентацию тела собаки относительно стрелки компаса в момент освобождения от продуктов жизнедеятельности. Остается набрать статистику и убедиться, что собаки не хуже лис или коров ощущают магнитное поле. Прелесть методики в том, что какое-либо неосознанное влияние человека на выбор ориентации невозможно — она определена процессами, протекающими в собаке.

Но не тут-то было. Проведя по полторы тысячи измерений ориентации во время дефекации и мочеиспускания для собак обоих полов (в работе принимали участие 42 суки и 28 кобелей), авторы работы оказались у разбитого корыта. Никаких явных следов магнитного упорядочения собак замечено не было: точки вполне равномерно распределились по окружности.



Однако истинный ученый тем и отличается от профана, что никогда не останавливается перед трудностями. Отсутствие яркого эффекта в данном, да и во многих других случаях совсем не показалось удивительным. В конце концов, ведь очевидно, что все яркие эффекты естествоиспытатели обнаружили в XIX, самое позднее в первой половине XX века. Тем же, кто стоит на плечах гигантов прошлого, осталось искать эффекты, невидимые невооруженным глазом. Впрочем, от этого ничуть не менее значимые.

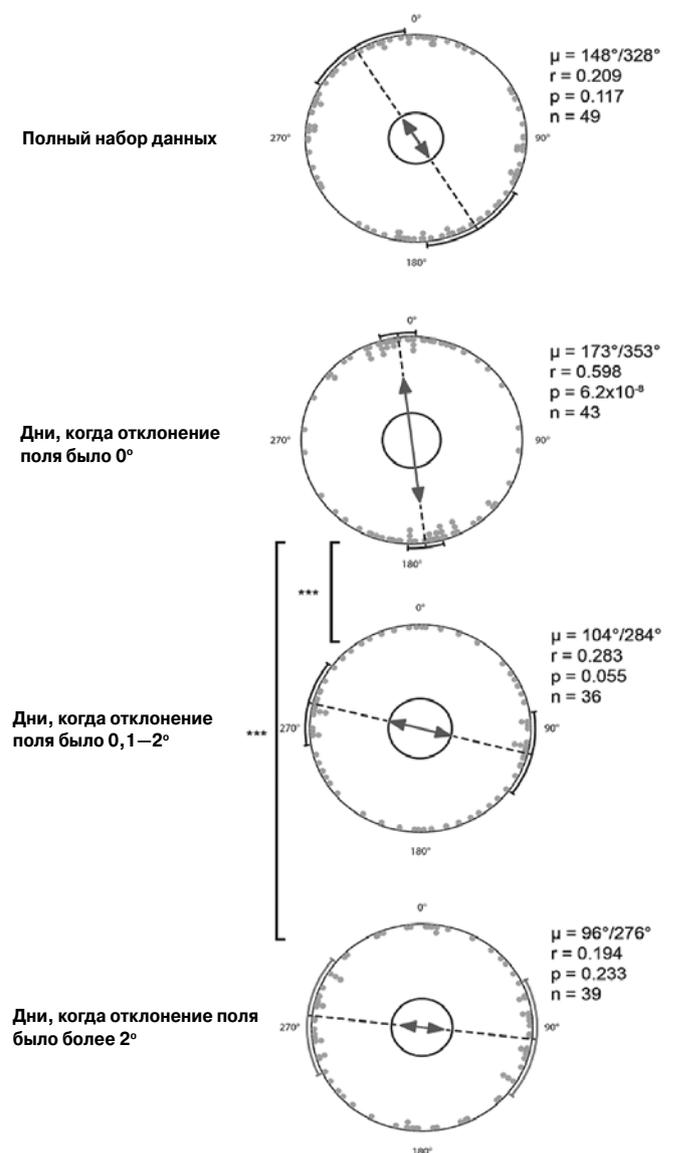
Как выделить что-то внятное из безнадежно-равномерного распределения ориентаций? Правильно, нужно сделать выборку. Выборка по половой принадлежности собак ничего не дала — и кобели, и суки располагались одинаково хаотично. Может быть, солнце путает все планы и заставляет собаку сидеть так, чтобы оно не слепило ей глаза? Обстоятельство немаловажное, ведь, как отмечали классики, живое существо во время испражнения весьма беззащитно, и ему приходится быть начеку, а если солнце заставляет жмуриться — можно прозевать опасность. Эту гипотезу сочли несостоятельной по двум причинам. Во-первых, зрение у собак так себе, эти животные больше полагаются на тонкий слух и прекрасное обоняние. А во-вторых, солнечный день в Чехии и Германии выпадает хорошо если через два дня на третий. Стало быть, солнце могло спутать магнитные планы собак от силы в трети случаев. Да и выборка по пасмурным дням не дала интересного результата — распределение оставалось все таким же уныло-однородным.

А что если посмотреть на магнитную погоду? Ведь геомагнитное поле складывается из двух составляющих: статической, определяемой собственным полем Земли и магнитными аномалиями, которые вызваны неравномерным распределением ферромагнетиков в земной коре, — и динамической, определяемой колебаниями ионосферы под действием солнечного ветра. Есть и еще один возмущающий фактор: межпланетное магнитное поле, создаваемое Солнцем. Все эти факторы учитываются при измерениях геомагнитного поля Земли, постоянно ведущихся в магнитных обсерваториях. Из-за динамической составляющей вектор напряженности суммарного поля постоянно меняет направление относительно того, что задано статической составляющей. И вот тут ученым улыбнулась удача: в те дни, когда поле было не возмущенным (отклонение его вектора было менее $0,1^\circ$ относительно статической составляющей), — вот в эти дни собаки во время испражнения стремились ориентировать свое тело вдоль силовой линии, соединяющей северный и южный магнитные полюса Земли.

Нельзя сказать, что ориентация была строгой, статистический разброс составил примерно 50° , но это было гораздо лучше, чем в дни с сильными возмущениями. Даже невооруженным глазом заметно (см. рис.), что в эти дни собаки уж точно не ориентировали свое тело поперек магнитного поля. Когда же провели усреднение по одной и той же собаке — для тех, у которых было не менее пяти измерений, — разброс вообще упал до 29° . Справедливости ради стоит отметить, что, когда отклонение поля оказывалось в пределах 2° , на диаграмме появился некий слабый пик данных с ориентацией перпендикулярно геомагнитному полю, но статистическая значимость этого эффекта оказалась слишком малой, чтобы всерьез его обсуждать.

Однако какого же результата добились игнобелевские лауреаты, потратившие немало времени на свою работу? Неужели столь уж важно, как ориентируют свое тело собаки во время очистительной процедуры? Выводов можно сделать два. Самый главный: при проведении работ по изучению влияния магнитного поля на живых существ нельзя не учитывать магнитную погоду. Вот цитата из статьи: «В частности, важен тот факт, что даже малые флуктуации магнитного поля Земли могут изменять поведение и что нормальные магнитные

условия, при которых собаки демонстрируют свое особое поведение, присутствовали всего в 30% случаев. Если экстраполировать это на других животных и на другие опыты по магниторецепции, то появляется объяснение плохой воспроизводимости результатов одних опытов и большого разброса данных других. Ученые, исследующие поведение животных, должны пересмотреть свои эксперименты и наблюдения с



Если смотреть на дефекацию собак ежедневно, никакого магнитного упорядочения заметить не удастся. Иное дело — правильная выборка в дни спокойного магнитного поля (*Frontiers in Zoology*, 2013, 10, 80)

учетом этих фактов, а также учитывать их при планировании будущих работ». Ну а второй — да, собаки чувствуют магнитное поле Земли, и с помощью достаточно простой методики можно тщательно изучать этот феномен. Тем более что собаки — вполне традиционные лабораторные животные, с ними легко и просто работать. Не то что с волками, лисами, черепахами, ящерицами, омарами, ласточками, крачками, малиновками, тритонами, пчелами, шмелями, муравьями, бабочками и прочими видами, у которых обнаружена склонность к взаимодействию с магнитным полем Земли.

А как они это делают? Как чувствуют ничтожное магнитное поле? Это предмет длительной научной дискуссии, итоги которой до сих пор не подведены. Существование магниторецепции — восприятия магнитного поля, — по крайней мере, у некоторых видов животных, не вызывает сомнений, при этом поиски механизма порой кажутся столь бесперспективными, что авторы одного из свежих обзоров проблемы назвали его «Чувство без органа чувств» («PLoS Biol», 2017, 15, 10, e2003234; doi: 10.1371/journal.pbio.2003234).

Сама по себе идея магниторецепции появилась давно. В 1855 году русский зоолог Александр фон Миддендорф писал: «...подобно тому, как на корабле есть магнитная стрелка, эти моряки, бороздящие воздушный океан, имеют внутреннее магнитное чувство, которое может быть связано с гальванически-магнитными токами». Спустя сто лет, когда техника эксперимента существенно продвинулась вперед, зоологи Фридрих Меркель и Вольфганг Вильчко из Франкфуртского университета («Vogelwarte», 1965, 23, 1, 71—77), поставив опыт с малиновками, доказали, что те ориентируются в полете по направлению магнитного поля.

После решения принципиального вопроса — да, явление существует — оставалось найти сам магниточувствительный орган или хотя бы магниторецептор, и проблема оказалась бы решена. Исследователям отчасти повезло — они нашли намеки на целых два механизма, однако, удивительным образом, доказать, что именно с их помощью удастся почувствовать магнитное поле, пока не удастся. Какие же это намеки?

Современная наука не приветствует и подробно не рассматривает динамическую идею Миддендорфа о гальванических токах — а они неизбежно, в силу закона электромагнитной индукции Фарадея, должны возникать при движении сквозь магнитное поле проводника, то есть насыщенного ионами тела птицы или пчелы. Вместо этого задействованы, так сказать, статические идеи. Согласно первой, внутри некоего органа животного или непосредственно внутри его клеток находятся магнитные частички. Желательно, чтобы они были неравноосными и монокристаллическими. Их размер не велик и не мал, а как раз таков, чтобы в каждой частице размещался один и только один магнитный домен (то есть область, в котором все магнитные моменты атомов направлены в одну и ту же сторону; большая частица разбивается на несколько доменов с разной ориентацией моментов, и ее суммарный момент,

усредняясь, снижается), но в то же время, чтобы тепловые флуктуации не нарушали магнитный порядок слишком малого числа атомов. При изменении направления магнитного поля частичка должна повернуться — разместить свой магнитный момент по полю, а это вызывает механические искажения вмещающей ее клетки. Если же частичка не одна, тогда должны возникать цепочки намагниченных частиц, и поле станет менять конфигурацию уже этих цепочек, что опять-таки меняет форму клетки и (или) растягивает мембрану так, что открывается какой-то ионный канал.

Для подтверждения этой гипотезы нужно найти магнитные частицы минерала магнетита, то есть смеси оксидов двух- и трехвалентного железа, и содержащих их клетки, связанные с нервной системой. И действительно, магнетит в теле обнаружен у многих животных и даже у людей, хотя последние в магниторецепции не замечены. Например, Джозеф Киршвинк и его коллеги из Калифорнийского технологического института («Proceedings of the National Academy of Science», 1992, 89, 16, 7683—7687; doi: 10.1073/pnas.89.16.7683) выяснили, что в одном грамме человеческого мозга содержится не менее пяти миллионов однодоменных магнитных частиц — примерно четыре нанограмма. При этом большинство из них размером в 10—70 нм, а небольшая доля — существенно крупнее, под полмикрона. В мягких же оболочках мозга магнитных частиц примерно в двадцать раз больше. Современные данные, впрочем, дают более высокие значения. В тканях жителей таких загрязненных городов, как Мехико или Манчестер, находят до 12 мкг/г подобных частиц, то есть в тысячи раз больше, чем в Калифорнии начала 90-х («Proceedings of the National Academy of Science», 2016, 113, 10797–10801; 11986–11987). Возникает мысль, что частицы магнетита не синтезируются в организмах городских млекопитающих, а проникают извне, например, при вдыхании выхлопных газов дизельных двигателей. Хотя наличие больших и малых частиц при отсутствии средних подсказывает, что происхождение у тех и других может быть разным. Ну а пришедшие извне частицы вряд ли могут отвечать за какой-то орган чувств — очень уж это выходит ненадежно.

Где именно, в каких клетках мозга человека расположены магнитные частицы, выяснить пока что не удалось, равно как не удалось найти и «магнитные» клетки у животных, исследовать которых гораздо проще. Зато в межклеточном пространстве и в клетках иммунной системы — макрофагах, которые предназначены как раз для того, чтобы удалять из организма всякую объемную дрянь, магнетитовые частицы имеются. Однако ни здесь, ни там они не могут передавать информацию нервной системе, а без этого какой может быть орган чувств? Да и скопления частиц во многих случаях находят вовсе не в мозге. Вот у пчел они сосредоточены в брюшке, и это, как показал опыт, ничуть не мешает магниторецепции («Scientific Reports», 2016, 6, :23657; doi: 10.1038/srep23657). Сначала пчел приучали брать мед из кормушки с магнитным полем. Через пару дней они так к этому привыкали, что искали мед именно там, где было магнитное поле. Затем им перерезали нерв, который соединяет брюшко с грудью, то есть лишали магнетики из брюшка возможности передавать информацию с помощью нервной системы. Магнитное чувство у пчел пропадало, но мед они прекрасно забирали из кормушки, видимо ориентируясь уже только на запах. То есть магнетитовая система вполне работала, но как именно магнетики в брюшке сообщали насекомому о присутствии поля, осталось загадочным. Авторы так и пишут: «Наши данные доказали, что магнетит играет важную роль в магниторецепции пчел. Однако связь железосодержащих клеток с нервной системой не установлена».

Зато у муравьев магнетики нашли у основания усиков антенн — все-таки поближе к прочим органам чувств. Есть мнение, что усики общественных насекомых должны стать

Удивительно и в даже обидно, что каким-то мелким тварям досталось столь разнообразное богатство, как два механизма магнитного чувства, а венец творения остался этим чувством обделенным и вынужден придумывать сложные приборы для такого дела, с которым без труда справляется малиновка или пчела.



ЗАМЕТКИ ФЕНОЛОГА

объектом пристального внимания исследователей магниторецепции.

В общем, замечательная магнетитовая гипотеза, казалось бы подтвержденная находками магнитных частиц в мозге, благополучно разваливается при внимательном рассмотрении: нет ни чувствительных клеток, ни механизма измерения поля, ни способа передачи информации в мозг, ни понимания, какую информацию надо передавать: о напряженности поля, о его широтном или долготном склонении. В поисках выхода приходится пускаться в фантазии. Например, предполагать, что такая частичка служит в качестве крышечки ионного канала: приоткрываясь под действием поля, она освобождает путь движению ионов сквозь мембрану чувствительной клетки, и та передает возбуждение в нервную систему («Sensors», 2018, 18, 728; doi: 10.3390/s18030728). Расчет показывает, что изменений магнитного поля Земли вполне хватает для перемещения такой крышечки, а силы белка-пружинки, приделывающей ее к мембране, — для последующего закрывания канала. На логичный вопрос: «Что же никто таких крышечек не видел?» — следует ответ: надо тщательнее смотреть, все-таки частички очень маленькие, увидеть их непросто. Тем более когда неясно, какие именно клетки требуют столь тщательного осмотра — из мозга или из брюшка.

Альтернативный механизм связан со спиновой химией и основан на еще одном твердо установленном факте: у птиц, насекомых, земноводных способность чувствовать магнитное поле зависит от освещения — если его нет или если фильтром вырезана сине-зеленая область, то никакой магниторецепции не будет. Наверное, одними из первых соответствующие эксперименты провели уже упомянутый Вольфганг Вильчко и Росвита Вильчко с малиновкой, благо методика изучения их магниторецепции была хорошо отработана. В новых опытах птиц освещали монохроматическим светом с разной длиной волны, и по мере отхода от синей области они теряли способность ориентироваться по магнитному полю («Journal of Experimental Biology», 2001, 204, 3295—3302). Позднее подобные опыты проводили с огромным числом птиц, животных и насекомых. Важная роль света подсказывает, что чувствительный орган находится где-то в глазу, а там никакого магнетита пока что найдено не было. Зато там есть белки-фоторецепторы. На один из них, реагирующий на синюю и ультрафиолетовую часть спектра — криптохром, — и обратили внимание исследователи. Этот белок знаменит тем, что он — одна из «шестеренок» циркадных часов и отвечает за их подстройку по солнцу («см. «Химию и жизнь», 2017, 11).

Однако криптохром — еще и фоторецептор, причем единственный, способный давать долгоживущую пару радикалов. Время ее жизни, как и способность к образованию связей с другими молекулами, зависит от спинового состояния образовавшихся неспаренных электронов. Магнитное же поле способно это состояние менять. Поэтому изменения в поведении криптохрома могут лежать в основе магниторецепции. В таком случае обладающие этой способностью животные и насекомые непосредственно видят магнитное поле. Нам, существам, лишенным такого чувства, понять, как все это выглядит, невозможно. Но можно пофантазировать примерно так. При повороте головы меняется ориентация молекул криптохрома относительно геомагнитного поля. Тогда, согласно базовой гипотезе радикальной магниторецепции, меняется действие этого рецептора: пары радикалов схлопываются либо какой-то белок отцепляется от него. Коль скоро криптохром связан с восприятием синего и ультрафиолетового света, то формируемая им картинка в мозге становится более или менее синей в зависимости от того, как изменилось положение глаза относительно магнитного поля. Птица фиксирует это изменение и выправляет курс.



Проверяется световая гипотеза просто. Птиц или дрозофил приучают реагировать на магнитное поле, затем включают синий свет. И сразу вся выучка пропадает, когда его снова включают — возвращается. Другой способ: взять нормальных дрозофил и с дефектным геном, кодирующим криптохром, и посмотреть, как магнитное поле влияет на их поведение. Например, способность к ухаживанию за самками («PLoS ONE», 2017, 11, 5: e0155942; doi: 10.1371/journal.pone.0155942). У нормальных дрозофил сильное поле резко усиливает любвеобильность самцов, а на дефектных никак не сказывается. Вывод: дефектные не обладают магниточувствительностью.

Казалось бы, это доказывает неопровержимость радикальной гипотезы, и она оказывается прекрасной теорией, неплохо вписывающейся в экспериментальные данные. Однако есть серьезные возражения. Самое главное — предполагаемый механизм спиновой химии для слабого магнитного поля Земли до сих пор не продемонстрирован, его работоспособность зафиксирована для гораздо больших напряженностей магнитного поля. Не придумано и внятного биохимического механизма передачи информации в нервную систему. Как правило, в моделях упоминают некий неизвестный белок, который по-разному взаимодействует с радикальной парой в разных спиновых состояниях. Но что это за белок — никто не знает.

К усложнению картины ведут и животные, выпадающие из необходимых теоретикам закономерностей. Скажем, восточноамериканский краснопятнистый тритон обладает магниторецепцией не в одном, а в двух световых диапазонах — сине-ультрафиолетовом и близком к инфракрасному. Чтобы вписать его в концепцию, приходится придумывать весьма замысловатые превращения все того же криптохрома. Наконец, многие магниточувствительные существа обходятся без света, те же шмели, которые прекрасно ориентируются ночью. Да и перелетные птицы, например полярная крачка, летающая из Арктики в Антарктику и обратно, не прекращают полет на ночь. А ведь если именно магниторецепция отвечает за прокладывание маршрута, но в темноте она не работает, ночной полет точно собьет птиц с пути.

Для выхода из печальной ситуации некоторые исследователи допускают одновременное существование разных механизмов. Например, Вольфганг и Росвита Вильчко уверены, что у птиц правый глаз с помощью радикального механизма определяет направление движения, а расположенные в спине частички магнетита помогают распознать местоположение («Journal of Comparative Physiology A», 2005, 191, 8, 675—693; doi: 10.1007/s00359-005-0627-7). В общем, как видно, до разгадки тайны магнитного чувства пока что очень далеко. Может быть, простые и надежные опыты, вроде наблюдений за упорядочением псов во время дефекации помогут найти путь к научной истине или хотя бы к непротиворечивой рабочей модели.





Химик спасает Россию

Доктор химических наук,
профессор физической химии

Фенелонов В.Б.,

Новосибирский государственный университет

В.Н. Ипатьев, 150-летие которого химики отмечали 21 ноября 2017 года, неисчерпаемостью своего таланта подобен океану. О том, что он великий ученый, написано немало (см., например, февральский номер «Химии и жизни» за 2018 год). Однако если вчитаться в историю его жизни, открываются удивительные страницы. Например, он был не только великим химиком, но и выдающимся организатором производства. Именно он создал военно-химическую (и вообще химическую) промышленность России в тяжелые 1915—1917 годы при Николае II, а затем, при Ленине, возглавил ее восстановление после Гражданской войны.

Толуол для армии

К началу Первой мировой войны В.Н. Ипатьев был крупным ученым, ведущим специалистом по каталитическому органическому синтезу: доктор наук, член-корреспондент Императорской академии наук, профессор Михайловской артиллерийской академии, в звании генерал-майора. Неудивительно, что на его плечи и легла тяжелейшая проблема первого периода войны.

Уже к концу 1914 года выяснилось, что Российская империя к войне не готова. Почти закончились запасы снарядов; в острейшем дефиците были взрывчатые вещества (ВВ), порох и сырье для их производства. Российские заводы практически не выпускали бензол, необходимый для синтеза толуола — основы для изготовления многих ВВ. До войны эти вещества в основном закупали в Германии, теперь нужно было собственное производство. В связи с этим шестого февраля 1915 года была организована Комиссия по заготовке ВВ при Главном артиллерийском управлении (ГАУ), председателем которой был назначен В.Н. Ипатьев.

Первоочередной задачей комиссии стала организация производства бензола, толуола и других материалов, необходимых для получения ВВ и порохов, включая производство серной и азотной кислот. На этом поприще талант химика Ипатьева раскрылся с совершенно неожиданной стороны: он показал себя блестящим менеджером.



Еще в ноябре 1914 года В.Н. Ипатьев едет на Донбасс, где после инспекции местных коксовых фабрик приходит к выводу, что здесь можно «уже через 2—3 месяца начать постановку толуола и бензола» (цитаты здесь и далее — из воспоминаний В.Н. Ипатьева «Жизнь одного химика». М: Калвис, 2011). Но этому мешали юридические проблемы. Например, Южно-Днепровское общество в Кадиевке было связано с компанией из Германии десятилетним контрактом, по которому ей принадлежало исключительное право использования всех продуктов коксования. И правительство ничего не могло поделать с условиями коммерческого договора, подписанного с компанией ныне вражеской страны.

В ГАУ предложили организовать поставки из США, но это было бы малоэффективно из-за непопозволительных затрат времени и денег. Тогда в записке для ГАУ Ипатьев обосновал строительство за 5—6 месяцев нового казенного завода (за 150 тысяч рублей) для получения бензола и толуола производительностью 150 тысяч пудов в год. На вопрос о гарантии выполнения работ за столь краткое время и при таком финансировании Ипатьев ответил «Я не капиталист... и гарантировать неустойкой не могу. Единственное, что я могу предложить в залог, это мою голову». Завод был пущен 20 августа 1915 года — на полтора месяца раньше назначенного срока.

В конце 1915 года началось строительство еще двух десятков новых небольших бензольных заводов и установок для конденсации бензола и толуола. В те же сроки еще один такой завод построила в Макеевке бельгийская компания, привлеченная выгодным заказом Российского государства. Одновременно начали строить заводы для получения азотной и серной кислот. Часть этих заводов к концу года уже выпускала продукцию. Удалось преодолеть и нежелание прогерманских фирм работать на военную химию России. Руководство заводов ссылалось на невозможность связаться в условиях войны с хозяином фирмы Генрихом Копперсом. Озабоченному этой проблемой юриконсульту военного министерства России было сказано: «Запишите в протокол, что Ипатьев взял на себя эту ответственность и что после войны разговаривать с Копперсом будет он».

От Ипра до Осовца

Столь же острой оказалась проблема боевых отравляющих веществ (ОВ — современное название; тогда их называли удушающими газами) и защиты от них. Первыми ОВ применили немцы — в пять часов вечера 22 апреля 1915 года под городом Ипром в Бельгии. За этот город сражались давно и безрезультатно, но в тот вечер немцы решили испытать новое оружие — хлор. На фронте атаки в шесть километров они установили шесть тысяч баллонов и, когда ветер подул в сторону противника, открыли краны, выпустив в воздух 180 тонн хлора. Желтоватое газовое облако понесло ветром, и началась паника. Погруженные в хлорное облако французские солдаты слепли, кашляли и задыхались. Три тысячи умерли от удушья, еще семь тысяч получили ожоги (по другим данным, всего отравились почти 15 тысяч солдат, из них около 5 тысяч умерло).

Как вспоминают историки, организацией газовой атаки под Ипром руководили немецкие ученые-химики из Берлинского института кайзера Вильгельма — Фриц Габер, Джеймс Франк, Густав Герц и Отто Ган. Примечательно, что все они в дальнейшем получили Нобелевские премии за различные научные достижения мирного характера. Отцом же боевых ОВ стал Фриц Габер, который изучил удушающие свойства хлора и его способность перемещаться низко над землей из-за высокой плотности. Даже после присуждения ему в 1918 году Нобелевской премии за синтез аммиака многие ученые стран Антанты считали Габера военным преступником и отказывались с ним здороваться.

Идея использования удушающих газов известна с древнейших времен: еще наши давние предки дымом от костра выкуривали противника из пещер. В 1899 году была подписана

Международная Гагская конвенция «О неупотреблении снарядов, имеющих единственным назначением распространять удушающие или вредоносные газы». Однако когда страны Антанты обвинили Германию в нарушении подписанных ею обязательств, Берлин ответил, что конвенция запрещает лишь «снаряды с газом», а не любое применение газов в военных целях. После этого, собственно, о конвенции уже никто больше не вспоминал, и обе воюющие стороны после апреля 1915 года стали разрабатывать и использовать ОВ и разные средства их доставки, включая артиллерию и авиацию.

А Габер в мае 1915 года выехал на Восточный фронт для организации химических атак против русской армии. Первая крупная атака состоялась 31 мая 1915 года при фольварке Воля Шидловская, в 60 км от Варшавы. На 12-километровом участке фронта немцы установили в своих передовых окопах 12 тысяч баллонов с хлором в смеси с фосгеном. Дождавшись подходящего ветра, они в 3 часа 20 минут утра атаковали русские войска газом. Атака была полной неожиданностью для наших войск, не имевших никаких средств защиты от ОВ, и привела к высоким потерям — более 9 тысяч человек отравились, 1183 скончались.

Командир 55-го Сибирского полка полковник К. Бернштейн так писал об этом бое: «...Отдельные немецкие люди в белых масках стали выпускать из каких-то аппаратов... пары желто-зеленого цвета, которые, сгущаясь, стелются по земле и издают удушливый запах... Число жертв, удушенных ядовитыми газами, все росло, да росло так, что к началу боя мне стало известно, что боеспособных стрелков в ротах не более 40—50 человек...» Но смертельно отравленные русские солдаты остались на позициях и, поднявшись в контратаку, отбросили вражескую пехоту. «Несмотря на то что они изнемогали и едва держались на ногах, — докладывал Бернштейн, — [они] бросились из окопа... и на плечах немцев ворвались в их окоп, где перекололи их». В итоге благодаря умелому командованию и доблести наших войск немцам не удалось развить тактический успех в стратегический, фронт не был прорван.

Другой почти забытый эпизод — героическая оборона крепости Осовец (50 км от города Белостока), знаменитая «атакой мертвецов» после массированной немецкой газовой атаки в августе 1915 года. Остановимся на этом эпизоде немного подробнее.

Эта третьеразрядная по фортификации крепость защищала проход между непроходимыми болотами, за которым был прямой путь на Варшаву. Немцы начали артобстрел крепости 21 сентября 1914 года. Много месяцев безуспешно долбили ее артиллерией и атаковали пехотой. В феврале 1915 года подтянули осадную артиллерию: более 60 орудий калибра 200—300 мм и четыре монстра — 420-миллиметровые мортиры «Большая Берта», фугасный снаряд которых весил 760 кг и уничтожал все в радиусе 500 м. Ранее эти «убийцы фортов» разбили укрепления Льежа, Намюра, Антверпена, позже громили Верден и лишь при осаде крепости Осовец потеряли фiasco. Их установили в 10—12 км от крепости — вне досягаемости ее артиллерии. Но пока мортиры собирали, русские скрытно привезли и установили пару морских дальнобойных орудий, которые в артдуэли уничтожили две «Берты». Их останки и две

сохранившиеся-mortиры срочно вернули в Германию, а затем на Западный фронт.

И вот в конце июля немцы, выпустив 200—250 тысяч только тяжелых снарядов калибром более 200 мм, стали готовить последний штурм. В 4 утра 6 августа 1915 года при попутном ветре по фронту атаки начали выпускать хлор с примесью брома из 30 газобаллонных батарей. По оценкам историков, газ в итоге проник на общую глубину фронта до 20 км, сохраняя поражающее действие на расстоянии до 12 км и до 12 метров по высоте. Вслед за волной газа шла артиллерийская огневая волна, за ней — пехота в противогазах.

Средств защиты от ОВ у оборонявшихся не было, и результат оказался сокрушительным. Из строя выбыло свыше 1600 человек, весь гарнизон получил отравления разной степени тяжести. Вслед за газами немецкая артиллерия открыла огонь по крепости снарядами с хлорпикрином и заградительный огонь для своих двинувшихся в атаку частей.

Немцы были уверены, что все защитники погибли, и наступали двумя плотными колоннами, сзади шли резервы. Но когда они прорезали проходы в проволочных заграждениях, навстречу им в штыковую атаку бросились немногочисленные русские. Их вид был ужасен — окровавленные, грязные, выкашливающие сожженные легкие, — и немцы в панике отступили без боя. Историки пишут, что первым поднялся командир 13-й роты подпоручик Владимир Котлинский, но он вскоре погиб и атаку возглавил последний из оставшихся офицеров — подпоручик-сапер Владислав Стржеминский, который прибыл в роту для проверки состояния фортификационных укреплений. Позже эту контратаку окрестили «атакой мертвецов». За подвиг 21-летнего В.М. Стржеминского наградили золотым георгиевским оружием, но в мае 1916 года, во время минометного обстрела, его тяжело ранили: пришлось ампутировать правую ногу, левую руку, удалить глаз. Однако это не сломило Стржеминского: он стал художником-авангардистом, другом и последователем К.С. Малевича, теоретиком искусств. Поляки же считают его национальным героем и даже изобразили на монете в 2 злотых.

Военный химпром империи

Понятно, что Россия должна была в кратчайшие сроки обзавестись надежными средствами защиты от ОВ и самими ОВ как средством возмездия. Еще в марте 1915 года предложение об изготовлении ОВ в России было отклонено Верховным главнокомандующим по этическим соображениям. Однако после первых газовых атак против русской армии 3 августа 1915 года вышел приказ генерал-инспектора артиллерии великого князя Сергея Михайловича об образовании при ГАУ специальной комиссии по заготовке боевых ОВ. В том же месяце был произведен первый промышленный хлор, в октябре — фосген. В широких масштабах русская армия применила химическое оружие летом 1916 года в ходе Брусиловского прорыва, и, по словам полевого генерал-инспектора артиллерии, химические 76-миллиметровые снаряды «оказали большую услугу армии».

Осенью 1915 года в армию начали поступать первые средства защиты от ОВ — марлевые повязки, пропитанные гипосульфитом. Они в какой-то степени защищали от хлора, но срочно требовалось что-то более надежное. Поэтому в организациях разных ведомств одновременно начали разрабатывать разные типы противогазов и респираторов для защиты от боевых ОВ. Однако здесь началась борьба амбиций, бюрократическая волокита и прочее, недопустимое в создавшейся ситуации.

В связи с этим 16 апреля 1916 года успешно работавшая Комиссия по заготовке ВВ при ГАУ была преобразована в Химический комитет при ГАУ под председательством того же В.Н. Ипатьева. Этот комитет состоял из пяти отделов: ВВ, ОВ, зажигательных средств и огнеметов, противогазового и производства кислот. Комитет и его руководитель были

уже наделены широкими полномочиями с правом решения всех сложных вопросов непосредственно с начальником штаба Верховного главнокомандующего, военным и другими министрами, великими князьями — кураторами отдельных служб армии и промышленности — и периодически с самим Николаем II. С императором Ипатьев встречался не раз, и не только на официальных приемах и отчетах, но и на завтраках и обедах, где в присутствии всего нескольких человек решались самые острые вопросы, в том числе выходящие за пределы компетенции Химкомитета.

Ипатьев фактически возглавил химическую промышленность России. Трудно хотя бы бегло перечислить те задачи, за которые брался Химический комитет. Например, для производства пороха требовалась серная кислота, но сернокислотные заводы размещались в Польше и Прибалтике, где шли бои, — Ипатьев мобилизовал промышленников на строительство двух десятков новых заводов этого профиля (и заслужил от председателя Государственной думы Михаила Родзянко прозвище «кислотный диктатор»). В результате, например, производство ВВ выросло почти в 50 раз, причем в основном благодаря частным заводам, так как на казенных заводах оно увеличилось всего в два раза. Комитет развернул производство боевых ОВ — фосгена и хлора, а заодно азотнокислотного бария и желтого фосфора для зажигательных бомб и огнеметов. На всех заводах приемку военной продукции осуществляли представители комитета, предшественники современных военпредов. Глава Химического комитета писал в воспоминаниях: «Войну мы свободно могли продолжать еще очень долгое время, потому что к январю и февралю 1917 года мы имели громадный запас взрывчатых веществ в миллионах различных снарядов и, кроме того, более миллиона пудов свободных взрывчатых веществ».

При поддержке комитета Н.Д. Зелинский и Н.А. Шиллов впервые в мире создали достаточно совершенный войсковой противогаз с активированным древесным углем как адсорбентом и резиновой шлем-маской инженера Эдуарда Куманта — прототип всех современных фильтрующих противогазов. Дополнительно для артиллеристов делали противогаз князя Авалова, в котором кроме активного угля для поглощения кислых газов использовался слой натронной извести — смеси едкого натра и гашеной извести. Всего за время деятельности Химкомитета было выпущено более 15 миллионов противогазов и снят с производства менее надежный противогаз, разработанный Санитарной комиссией члена царствующего дома принца Ольденбургского. Возникший было конфликт устранил сам император, который передал В.Н. Ипатьеву все снабжение армии противогазами.

Император, как и правительственные и научные круги, отметили заслуги ученого: Ипатьев получил звание генерал-лейтенанта, 18 ноября 1915 года был избран в действительные члены Российской Императорской академии наук (но утвержден только 9 мая 1916 года из-за необходимости дополнительного получения согласия военных ведомств).

«Большевики чувствовали мою правду»

Октябрь 1917 года поставил Ипатьева, как и многих его соотечественников, перед выбором. Внутренне не приняв Октябрьскую революцию и оставаясь по убеждениям сторонником конституционной монархии, после тяжелых раздумий он решил, что только большевики во главе с Лениным способны спасти Россию от разрухи, поверил в их лозунги: мир, свобода, земля крестьянам. И твердо отказался от многочисленных предложений уехать на Запад или присоединиться к Белой армии. (Кстати, такое же решение приняла значительная часть генералитета и высшего офицерства царской армии.) Позже В.Н. Ипатьев напишет: «Можно было совершенно не соглашаться с многими идеями большевиков, можно считать их лозунги за утопию, но надо быть беспристрастным

и признать, что переход власти в руки пролетариата в октябре 1917 года, проведенный Лениным и Троцким, обусловил собою спасение страны, избавив ее от анархии и сохранив в то время в живых интеллигенцию и материальные богатства».

Ипатьев не предлагал услуг Совнаркому — тот сам проявил интерес. В ноябре 1917 года специально к нему приехал представитель правительства Л.Я. Карпов, которому было поручено возглавить химическую промышленность, ведь перед революцией он был директором химического завода в Бондюжском (теперь город Менделеевск). После обстоятельного рассказа Ипатьева о работе Химкомитета Карпов предложил ему и Химкомитету сотрудничество в деле демобилизации химической промышленности и ее дальнейшего развития. Ипатьев предложение принял со словами: «Я готов сделать все от меня зависящее, чтобы спасти созданную нами во время войны химическую промышленность. Что же касается передачи персонала в распоряжение вновь образуемого Химического отдела при Высшем совете народного хозяйства (ВСНХ), то для этого мне будет необходимо собрать заседание совета Химического комитета и там обсудить этот вопрос».

Ипатьеву пришлось потрудиться, чтобы убедить представителей русской науки и промышленности отдать силы, знания и опыт строительству новой России. Переориентация сотрудников, привыкших к самоотверженной совместной работе в Химкомитете (который после подписания Брестского мира в июне 1918 года был ликвидирован), потребовала долгих дискуссий. Но в итоге все уладилось: часть перешла в ГАУ, другая — в Химотдел при ВСНХ под начало Л.Я. Карпова.

В декабре 1917 года В.Н. Ипатьев — член совета ГАУ и председатель особой комиссии при Химическом отделе ВСНХ для демобилизации и мобилизации химической промышленности. В 1919 году комиссия преобразована в Технический совет химической промышленности при ВСНХ, Ипатьев становится председателем совета, фактически министром химпрома. Тогда же он создает отраслевую науку: в 1920 году основан ГОНТИ (Государственный институт научно-технических исследований) — многопрофильный институт, координатор важнейших научно-технических работ в стране, организационное звено ВСНХ. Затем Институт прикладной химии, Химико-фармацевтический институт, Институт химических удобрений, Радиевый институт. В 1926 году ГОНТИ слился с Институтом прикладной химии, а в 1929 году из него выделен Институт высоких давлений (ГИВД), директором которого стал Ипатьев.

С 25 мая 1921 года В.Н. Ипатьев оказывается на вершине советской иерархии — он член Президиума ВСНХ и вскоре (после смерти Л.Я. Карпова) — начальник Главного химического управления ВСНХ, член Госплана. Едва вступив на эти должности, Ипатьев подает в Президиум ВСНХ докладную записку, в которой подробно рассматривает печальное состояние всей промышленности и предлагает радикальные меры для ее восстановления и дальнейшего развития. Наиболее деликатная и важная часть записки сводится к предложению «отдачи бывшим иностранным владельцам их заводов в арендное долгосрочное пользование с тем, чтобы они за свой счет и кредиты иностранных банков могли не только привести их в кратчайший срок в полный порядок, но и ввести все новейшие усовершенствования, согласно последним требованиям техники». В докладной записке впервые появилось слово «реституция», под которой подразумевается временное и в ограниченной форме восстановление права владельца на его предприятие.

Это была очень своевременная записка, так как в это время партию и всю страну раздирали бурные дискуссии о способах выхода из глубокого кризиса, связанного с последствиями Гражданской войны и неумелым руководством, которое смогло победить в Гражданскую, но не очень понимало, как управлять огромной страной в мирное время. Итогом дискуссий стала новая экономическая политика, НЭП. Однако не совсем понятно было, как осуществлять этот НЭП: страна разорена,



собственных капиталов нет. В.И. Ленин в 1920—1921 годах предложил создавать концессии — коммерческие предприятия с иностранными инвестициями, полными или частичными. Предложенная В.Н. Ипатьевым реституция немногим отличается от концессии; в первом приближении различие в том, что при реституции договор заключается с прежним владельцем, а при концессии это ограничение необязательно. В результате записка попала на подготовленную почву.

После бурного обсуждения на объединенном пленуме ВСНХ и Госплана предложение Ипатьева было принято. В том же 1921 году Ипатьев по этому поводу несколько раз встречался с В.И. Лениным, который поддержал его предложения. Именно поэтому Ленин называет Ипатьева «главой нашей химической промышленности», доверяет ему вести любые переговоры за границей от имени правительства по вопросам реституции, сдачи некоторых предприятий в концессию, закупки технологий, лицензий, оборудования, командировок специалистов для обучения за границей. В затруднительных случаях Ленин предложил Ипатьеву немедленно обращаться к нему лично, при необходимости — телеграфировать. И в 1922 году, когда Главхим был упразднен (химию посчитали второстепенной отраслью промышленности) и обсуждался вопрос о выводе Ипатьева из состава Президиума ВСНХ, Ленин запретил это самоуправство: «Ипатьев должен оставаться в составе Президиума при любом числе его членов». А позже выразил желание, чтобы Ипатьев «совершенно запросто навестил его вечером и за чашкой чая рассказал ему [свои] мысли и заграничные впечатления». Но этой встрече не суждено было состояться...

А Ипатьев честно служит новой власти — служить нечестно он просто не умеет. Уехав в США, он вспоминает: «То доверие, которое мне оказывали большевики, я очень ценю и по совести могу сказать, что никогда не позволял себе им злоупотреблять. В этом отношении большевики не ошиблись в моем характере, и я честно перед своей Родиной исполнял все возлагаемые на меня обязанности. Я не боялся высказывать смело мои взгляды по тому или другому вопросу; иногда мне приходилось даже стукнуть кулаком по столу, но большевики чувствовали мою правду».

Бензин победы

Однако вскоре после смерти Ленина страна стала стремительно меняться, и для Ипатьева, который своей энергичной деятельностью не мог не нажить высокопоставленных врагов, стало в этой новой стране неуютно, а потом — просто опасно находиться. Это и привело к его (его к) эмиграции и последующим великим открытиям в области химии и химической технологии уже на благо американской (а в итоге и мировой) промышленности. Наиболее прославившие его изобретения связаны с получением высокооктановых бензинов и других моторных топлив, которые снова помогли спасти Россию, теперь Советскую. Их использование в военной авиации улучшает летные характеристики боевого самолета — скорость, грузоподъемность, скорость взлета — на 20—40%. Историки утверждают, что именно такие бензины помогли англичанам выиграть битву за чистое небо над Великобританией.

Октановое число повышают введением присадок, например изопропилбензола, (зпт) или каталитической обработкой. Ключ к успеху в образовании разветвленных молекул с узким распределением по размерам. Эту-то технологию, придуманную Ипатьевым, внедрили в США и Великобритании, а в СССР не смогли. Историки отмечают, что в 1940 году октановое число советских бензинов лежало в диапазоне 59—74, а доля бензина с октановым числом 78 составляла всего 4%. Такой бензин не годился для новых боевых самолетов вроде легендарных истребителей МиГ-3, Ил-4 или бомбардировщика Пе-2. Однако создать мощности для производства хорошего бензина к началу войны не удалось, более того, почти сразу были утрачены производства на территории УССР, а в 1942 году пришлось демонтировать один из ведущих заводов — Грозненский. В результате и без того недостаточный объем производства снизился еще больше. При этом в США за полтора месяца делали столько бензина, сколько советская промышленность за год, и 66% этого бензина имело октановое число более 99.

Химия РККА после ухода Ипатьева

История В.Н. Ипатьева пересекается с историей другого деятеля советской химической промышленности — Якова Моисеевича Фишмана; фактически создателя базы для изготовления химического оружия СССР. Вот краткая история жизни этого человека, обладавшего «неиссякаемой энергией», как писали о нем коллеги.

Я.М. Фишман родился в 1887 году в Одессе. Еще будучи учеником гимназии, он стал членом партии социалистов-революционеров. В 1905 году поступил в Новороссийский университет на физико-математический факультет, однако революция сорвала его с места: осенью он оказывается в Петербурге, где возглавляет боевую дружину рабочих Охтинского порохового завода и входит в состав Петербургского совета рабочих депутатов.

После подавления революции Фишман продолжает борьбу — вернувшись в Одессу, пытается убить графа Э.И. Коновницына, руководителя местного отделения Союза русского народа. В разгар подготовки к теракту его арестовали, но ввиду недостатка улик он вскоре был освобожден и уехал в Москву. Там он вошел в городской комитет партии эсеров, но в 1908 году все-таки был арестован как террорист и сослан в Сибирь. Дальше в его биографии — головокружительное путешествие: в июне 1911 года Фишман бежит из места ссылки и оказывается в Китае, где в это время начинается Синьхайская революция. Там он не задерживается и вскоре попадает в Неаполь: в 1915-м заканчивает химический факультет университета, затем учится в магистратуре и одновременно три года работает ассистентом в Неаполитанской политехнической школе. Специальность у него вполне соответствует террористическому прошлому — взрывчатые и отравляющие вещества.

Но вот наступил февраль 1917 года, проведена амнистия политических осужденных; эмигранты-революционеры возвращаются в Россию. Не стал исклю-

Неудивительно, что в сентябре 1942 года было заключено соглашение с США, а потом с Великобританией о поставках высокооктанового «ипатьевского» бензин и присадок для него по ленд-лизу — миллиардному беспроцентному кредиту с оплатой через пять лет после войны, который Рузвельт выделил СССР. Суммарные поставки союзниками бензина с октановым числом 100 составили чуть больше миллиона тонн, то есть более трети всего высокооктанового бензина, использованного за время войны.

В.Н. Ипатьев очень любил катализ, но еще больше он любил Россию. И когда ей было трудно, когда он слышал ее зов, он покидал лабораторию и шел спасать страну. Так он поступил в 1915—1917 годы, в Первую мировую войну, потом в 1918—1925 годы, восстанавливая промышленность после Гражданской войны, так он пытался делать, находясь в США, в 1941—1945 годах. Ему не разрешали вернуться, но он все равно внес существенный вклад в победу, создав передовую химическую технологию.

чением и Фишман. Приехав в апреле в Петроград, он снова входит в заводской комитет порохового завода, становится членом ЦК левых эсеров и депутатом Петросовета, а в октябре — членом Петроградского военно-революционного комитета, причем весьма активным: организует боевые дружины и участвует в штурме Зимнего дворца.

Летом 1918 года в Москве происходит мятеж левых эсеров. Фишман — один из главных персонажей: именно он сделал бомбу, которой его однопартиец Я.Г. Блюмкин подорвал посла Германии Вильгельма фон Мирбаха. После того, как большевики подавили мятеж, Фишман укрылся на Украине, где организовывал партизанскую борьбу левых эсеров с петлюровцами. В 1919 году попал в тюрьму ВЧК, но был прощен, после чего вступил в ВКП(б), вскоре оказался во Внешторге и уехал в знакомую ему Италию. Однако торговлю он там вел специфическую — с согласия Ф.Э. Дзержинского вербовал бывших подданных русского императора и с их помощью добывал сведения о новейшем оружии. Затем, уже в Германии, как резидент Разведуправления РККА участвовал в подготовке социалистической революции. Революция не состоялась: в 1925 году Фишман выслан в СССР и назначен начальником Военно-химического управления РККА. Тогда-то он и познакомился с Ипатьевым, заняв его место, Ипатьев же стал заместителем Фишмана.

Оба были яркими личностями, лидерами, и Фишман не признавал незыблемость авторитета Ипатьева. Он сам имел некоторое (по мнению Ипатьева, ниже среднего) военно-химическое образование, хорошо понимал, что его практический опыт несопоставим с ипатьевским, но был на 20 лет моложе, энергичен, честолюбив, умел привлекать людей и не умел уступать. А в результате, как говорится в пословице: «Два медведя в одной берлоге не уживутся». И вот Химуправление РККА раскололось на два враждующих лагеря — сторонников Ипатьева и Фишмана. У Фишмана была одна цель: совершенствовать химическое

оружие и защиту от него, Ипатьев же мечтал вернуться к главному — к катализу, к развитию уже сделанного. В итоге он уступил и с начала 1926 года перестал участвовать в работе Химуправления. В это же время Ипатьева освободили от всех руководящих постов в ВСНХ и Госплане, он сдал дела Фишману и продолжил работать со своими сотрудниками в трех лабораториях. Военная тематика в основном осталась в Артакадемии, где Ипатьев продолжал быть профессором, не пустив туда Фишмана. В 1929 году он объединил основную часть сотрудников в Институте высоких давлений, где к 1930-му фактически завершил фундаментальные исследования по гетерогенному катализу в органической химии, включая нефти и угли. Оставалась доводка идей на промышленном оборудовании...

А Фишман в марте 1928 года, сохраняя должность начальника Военно-химического управления РККА, дополнительно организует и возглавляет московский Институт химической обороны, строит под Саратовом, в Шиханах, сначала полигон, а затем институт и опытное производство. Там в 20-х и в начале 30-х наши работали вместе с немецкими военными химиками — в Германии занимались химическим оружием им было запрещено по условиям Версальского мира. А закрыт этот полигон был лишь после перестройки, в ходе ликвидации советского химического оружия (см. «Химию и жизнь», 1988, 2; 1993, 5).

В разгар репрессий, в июне 1937 года, Фишмана арестовали, осудили на 10 лет и отправили в шарашку — усовершенствовать противогазы. В 1947 году после освобождения он стал заведующим кафедрой химии в Саратове, затем профессором в Умани. Однако ненадолго: в апреле 1949 года его снова арестовали и сослали в Красноярский край. Там он работал заведующим химической лабораторией в Норильске. Полностью реабилитирован Я.М. Фишман был лишь в 1955 году, тогда же ему присвоили звание генерал-майора и отправили в отставку.

Дело о последнем птерозавре

Фото: Виталий Бутырин



А ПОЧЕМУ БЫ НЕТ?

Григорий Панченко

Конечно, название этой заметки можно трактовать как шутку, но лишь отчасти. С последними птерозаврами (не каким-то одним представителем отряда, а с большой — во всех смыслах! — группой, семейством аждархидов) связаны такие загадки, разгадать которые и палеонтологи-специалисты, и любители, в том числе авиаторы, пока не в состоянии (о многочисленных попытках см. «Химию и жизнь» 2000, 11—12; 2011, 3; 2014, 11. — *Примеч. ред.*). Собственно говоря, птерозавры вообще чрезвычайно загадочный таксон, но аждархиды выделяются даже на фоне большинства своих со-родичей.

Давайте на минуту перенесемся в самый конец мелового периода. Время птерозавров, «первозванной» группы летающих позвоночных, фактически миновало. В небе царят «второзванные», освоившие иной принцип полета, — птицы. Где-то на задворках эволюции таится условный отряд пегасоферов, возможно, самые торопливые из них уже пробуют подняться в воздух, но этим «третьезванным» так никогда и не сыграть главной роли, даже после того, как их потомки станут настоящими летучими мышами.

Как бы то ни было, воздух к концу мелового периода плотно занят птицами. А вот поди ж ты: из летающих ящеров сохранились не мелкие птерозавры в каких-то скромных экологических нишах, но аждархиды, самые-рассамые драконы, крупнейшие за всю историю биосферы летающие существа.

Про драконов — не просто фигура речи. Первые находки аждархидов были сделаны в Средней Азии, так что название семейство получило в честь местной разновидности дракона. Даже не из-за размера: «аждархо» или «аждарха» в тюркской мифологии — скорее змей, чем собственно дракон, а птерозавры-аждархиды не только огромны, длинноморды и длинноноги, но вдобавок еще длинношеи — эта особенность наиболее резко отличает их от всех остальных птеродактилей.

Вверху: Вид изнутри гигантского птерозавра на вечерний ужин

«Химия и жизнь», 2018, № 5, www.hij.ru

(А еще название «аждарха» известно среди криптозоологов. Опять-таки без связи с птерозаврами, а потому, что в тех самых краях среди местных жителей ходят упорные слухи об очень крупных змеях «удавьего» типа: не мифологических, не ископаемых, просто очень редких. Но это, как говорили классики, совсем другая история.)

Итак, аждархиды. Широким кругам известен в основном крупнейший из них, кетцалькоатль (размах его крыльев, по разным реконструкциям, не то заметно менее 15 м, не то существенно более, возможно, чуть ли не 20 м), и орнитохейрус, прославленный сериалом «Прогулки с динозаврами». Для этого семейства (во всяком случае, для некоторых его видов) характерно еще одно отступление от правил игры, соблюдавшихся остальными крупными птерозаврами. Те в процессе эволюции неизменно утрачивали зубы: классический пример — птеранодон, целый век, вплоть до открытия кетцалькоатля, считавшийся наибольшим существом, когда-либо поднимавшимся в воздух, и создавший у нескольких поколений палеонтологов уверенность в том, что для высшего класса воздушного пилотажа непременно требуется беззубый клюв и огромный теменной гребень. А вот у аждархидов гребень невелик; что до зубов, то среди них имелись и виды, подобные кетцалькоатлю (чей клюв был покрыт ороговевшим чехлом), и тот же орнитохейрус, вполне зубастый, — он не только гигант, возможно, размером не уступавший кетцалькоатлю, но и один из позднейших летающих драконов, видимо, надолго переживший всех птеранодонов.

Кстати о гигантизме: а каков вес героев повествования? Его вычислить нелегко, у палеонтологов на этот счет согласия нет: уже долгое время идет острая дискуссия между сторонниками минималистских и максималистских моделей. Согласно первой, вес птеранодона не превышал 30 кг (в некоторых случаях его вообще снижают до 16 кг, что меньше, чем у многих современных птиц с куда более скромным размахом крыльев), а вес кетцалькоатля — 70 кг. Согласно второй, птеранодон тянет на 90 кг, кетцалькоатль же — на четверть тонны, а то и на треть. В начале XXI века научный мир склоняется к мнению, что истина не просто посередине, но ближе к максималистской версии: минималисты исходили из устаревших представлений, недоверчиво относились к идее теплокровности птерозавров, а потому склонны принимать их грузоподъемность и, следовательно, взлетный вес.

Как же они летали, где гнездились, чем и каким образом питались?

Традиционно считается, что гигантские птерозавры должны были находить себе стол над прибрежными водами морей и океанов (преимущественно планирующий полет, ловля рыб и головоногих в приповерхностном слое воды, благоприятные погодные условия: никаких «Пусть сильнее грянет буря!»), а дом — на прибрежных же утесах или островках, труднодоступных для наземных хищников. Словом, всё как у крупных

океанических птиц вроде альбатросов, которые займут эту (точнее, сходную) нишу через миллионы лет.

Основные находки птеранодонов и аждархидов сильно отодвинуты от береговой линии — но в разные стороны. Судя по всему, птеранодоны могли залетать далеко в море — ну, это нормально, тем более что возле побережья их кости тоже находят. Зато аждархиды, похоже, обитали на удаленной от моря материковой суше. Правда, летун такого размера может преодолевать огромные расстояния, так что ему по силам кормиться, допустим, над гладью крупных озер, за десятки и сотни километров от той точки, где ему предстоит оставить свой скелет. Однако на побережье аждархиды вообще ни разу не обнаружены. А их анатомия совсем не подходит для рыбацкого образа жизни: не могут они успешно ловить рыбу ни с лёту, ни с посадки, ни с приповерхностного нырка — как пеликаны (глубокое занырявание на манер гагары тем более не потянуть: для этого тело исполинского летуна абсолютно не приспособлено), ни стоя у берега, как цапли.

Заодно встает вопрос о технике взлета, прежде всего, конечно, с воды. Птицы нам не указ, их тело повинуется совсем иным законам; к тому же альбатросы взлетают с воды, да и с твердой поверхности до крайности неуклюже — а ведь они куда мельче аждархидов. Летучие мыши (среди них есть рыболовы) с водной поверхности взлетать умеют, но это требует от них большого напряжения. Малым птеродактилям это тоже должно быть по силам. Но вот гигантам... Некоторые расчеты показывают, что для птеранодона старт с воды еще допустим, однако уже совсем на грани. Зато кетцалькоатль, орнитохейрус и их родичи пребывают далеко за гранью.

Не только приводнение, но и приземление может стать проблемой. Тут более подходящей моделью будут рукокрылые, а не птицы: те же альбатросы приземляются с большим трудом, им гораздо проще преодолеть сотни километров по воздуху, чем оторваться от земли в начале полета и опуститься в конце. У летучих мышей преобладает схема приземления в «четыре касания»: при подлете к поверхности крылья расправлены, конечности в последний момент вытягиваются, хватаются за опору пальцами, затем совершается кувырок назад и мышь повисает вниз головой. Эта тактика позволяет в предпоследний момент использовать цепкие пальцы на сгибе крыла, которые есть и у птерозавров, — но уж слишком она акробатична, чтобы использоваться летуном даже среднего размера, не то что гигантом. Есть схема и в «два касания», когда работают только пальцы ног — эта, может быть, ближе к той, которую использовали крупные птеродактили, но вряд ли она пригодна для посадки на воду.

А если эти позднейшие и крупнейшие из летающих рептилий находили пищу не у воды, то кем же они были? Падальщиками? Такое мнение высказали почти сразу. Однако ведь клювы аждархидов, зубастые или беззубые, плохо годились для того, чтобы разделять толстокожую тушу мертвого динозавра. Да и их длинная шея явно не обладала той гуттаперчевой гибкостью, которая свойственна шеям птиц-падальщиков и позволяет им буквально по плечи «заныривать» в недра добычи.

Несколько лет назад британские палеонтологи Марк Уиттон и Дарен Нэйш сделали сенсационное предположение, которое тут же было подхвачено научными (а чаще научно-популярными) изданиями: аждархиды были активными хищниками («PLoS ONE», 28 мая 2008 года; doi: 10.1371/journal.pone.0002271). Причем охотились они в «пешем строю», на твердом грунте саванного типа, стаей, как нечто среднее между стадом плотоядных страусов и не менее плотоядных жирафов. А добычей им служили мелкие, по масштабам мелового периода, заврики, ростом примерно с нынешнего волка.

Модель, конечно, интересная — но хотелось бы посмотреть, как это стадо жирафов либо страусов на саванных просторах загонит в угол волка (а тем более стаю: одинокого зверя на

Самые большие водоплавающие — китовая акула и синий кит — питаются мельчайшим планктоном.

Логично предположить, что самый большой воздухоплаватель питался не птицами, а мухами и прочей летающей мелочью.

Для проверки гипотезы надо бы подсчитать число насекомых в меловом периоде, но сделать это трудно, ведь хитиновый панцирь гниет гораздо лучше, чем кости.



ЗАМЕТКИ ФЕНОЛОГА

всех не хватит) и оставит от него рожки да ножки. Причем ведь и жирафы, и тем более страусы — профессиональные бегуны, а не спешившиеся летуны, которые способны только неуклюже ковылять, отягощенные огромными, не полностью складывающимися крыльями. Да еще эти крылья необходимо беречь как зеницу ока: малейший перелом их тонких косточек или разрыв летательной перепонки смертельно опасен! Кстати: тонки, легки, пустотелы не только кости крыльев, но и все кости птерозавра, иначе ему в воздух не подняться, и это еще увеличивает опасность на земле.

Давайте признаем, что аждархиды были «старшими» хищниками в своей нише — но это все-таки ниша летающих рептилий. Не наземных охотников, не норных жителей, не обитателей болот. Какова же роль старшего хищника в других биотах?

И тут возникает целая группа интересных аналогий. Если в богатой и насыщенной экосистеме имеется сверххищник, то он часто становится «падальщиком» совсем особого рода: вторичным пожирателем, отнимателем добычи. Условно говоря, медведь гризли чаще не выслеживает оленей, но и не ищет трупы, как гиена, — он ищет пуму, только что загрызшую оленя. Она-то от него уйдет без труда, но добычу не утащит: оставит в пользу старшего хищника. Те, кто устроился в этой экологической нише, получили малопочтенное название «клептопаразитов». Среди летунов такие тоже есть. Фрегаты и поморники почти не ловят рыбу сами: отнимают у чаек.

Введем поправку на разницу в размерах и воздушный океан. Исполинский птерозавр, размером с аэроплан и весом с кобылу, летает, конечно, не по птичьей схеме; а по какой именно — поди угадай: современная наука с этим еще не разобралась, потому и нет сейчас действующих махолетов сколько-нибудь «человеческой» грузоподъемности. Скорее всего, перепонка между задними ногами (то-то они длинные!) образовывала у летающего дракона дополнительное планирующее крыло, имелись и другие ноу-хау. Однако ясно, что для него тяжелее всего не сам полет, а взлет и посадка. То есть на земле он добычу отнимать не будет; да ведь тут недолго и самому в добычу превратиться — это в воздухе он гигант, а на сухопутье хозяйничают хищные твари весом не с лошадь, но с двух слонов. К тому же его клюв (даже в зубастом варианте), как мы уже знаем, вроде бы непригоден для разделки крупной туши, а ради мелкой не стоит тратить энергию на посадку и взлет.

Думается, завр-аждархид мог быть летающим хищником беспосадочно. Всякие птицы питались от озерных щедрот или от не менее щедрой на пропитание саванны — а летающий дракон, решительно сбросив ярмо паразитизма, не отнимал у них добычу, но заглатывал их вместе с ней. Причем, наверно, единицей атаки у него была не птица, а птичья стая. Может, были у аждархидов горловые мешки типа пеликаньих, только не для работы с воды: налетит на стаю и за один заход «вычерпает» этак трех пташек размером с аиста или гуся. То, что мелкие (особенно на его фоне) птицы маневренней и вертче, роли не играло: двухметровый клюв и трехметровая шея обеспечивают огромную сферу охвата, а когда такой «биплан» с передними 15-метровыми и задними 6-метровыми в размахе крыльями на дикой скорости вторгнется в воздушное пространство стаи, он разрушит ее групповую аэродинамику, так что половина стаи вместо того, чтобы уклоняться, несколько секунд будет беспомощно кувыркаться в воздухе. Да и вообще птицы мелового периода все-таки не проявляли такого мастерства пилотажа, как лучшие из нынешних.

Несколько таких заходов (пара-тройка часов и сотня-другая квадратных километров в качестве рабочей площадки) — и вот уже в брюхе птиц на два пуда. Можно отлететь на труднодоступное плато в полутора сотнях километров от места охоты — и отдыхать там часов пятьдесят



А ПОЧЕМУ БЫ НЕТ?

в позиции сидя, пока снова не проголодаешься. Там же в конечном счете можно и свой скелет оставить, на удивление грядущим палеонтологам...

Очень может быть, что сходный образ жизни вел миллионы лет спустя и аргентавис, крупнейшая из летающих птиц. Размах крыльев у него был как у большого птеранодона, летные качества и охотничьи навыки, надо полагать, совершенней: все же птицы наиболее «продвинутой» эволюционный проект из всех летунов.

Аргентависа тоже считают не столько падальщиком, сколько «отнимателем добычи»; причем есть версия, что он мог отпугивать от добычи даже тилакосмилусов, южноамериканских «саблезубых тигров». Но в том-то и дело, что клюв аргентависа рассчитан не на терзание крупной туши, а на проглатывание каких-то биологических объектов целиком. Каких именно — неизвестно, но можно определить их предельный размер: с крупного зайца или гуся.

Всерьез выдвигается предположение, что аргентависы кормились стаями южноамериканских грызунов, причем объектом атаки опять-таки была именно стая (ради одного грызуна не стоило тратить энергию): громадный хищник обрушивался на нее сверху, оглушая взмахами крыльев и самим фактом приземления. Однако, пожалуй, у грызунов в таких случаях куда больше возможность спастись врассыпную, чем у птичьей стаи, атакованной в воздухе.

Достаточно близкий аналог подобной охоты описан у знаменитого фантаста Терри Пратчетта в романе «Дело табак». Там появляется... нет, не кетцалькоатль и не аргентавис, но так называемый поддельный альбатрос. Точнее — орел, который мимикрирует под альбатроса. Этакая небесная акула. Питается в основном рыбой, которую поймали чайки, — а заодно и самими этими чайками; что до естественных врагов, то «у поддельного альбатроса нет врагов, которых он не сумел бы с легкостью переварить».

Ну и еще один фантастический аналог, уже больше похожий на птерозавра: инопланетный летун из фильма «Аватар». Прежде всего, не общеупотребительный икран, а великий торук, он же «последняя тень»... даже научное название, *Leonopteryx rex*, ему подобрали с нарочито «мезозойским» колоритом! Впрочем, признаки аждархидов различимы у обоих летающих ящеров Пандоры: и торука, и икрана.

Забавно, что один из недавно открытых птерозавров (не из аждархидов: помельче, подревнее) получил название *Ikrandraco avatar*, а его пасть была оснащена тем пеликаньим «девайсом», который, по нашему мнению, мог облегчить кетцалькоатлю и К^о воздушную охоту.

Будучи размером ближе к вороне, чем к пеликану, птеродактиль-икран никак не мог быть в своей экологической нише старшим хищником. Вероятнее всего, он использовал горловый мешок для ловли рыбы. Но совсем не исключено, что в небе его подстерегали хищники, готовые полакомиться добытой им рыбой вместе с удачливым рыболовом.



Невидимое из видимого

«Τὰ γὰρ βλεπόμενα πρόσκαιρα,
τὰ δὲ μὴ βλεπόμενα αἰώνια»



П.А. Николайчук

Сейчас, на заре 2068 года, человечество стоит на пороге реализации одной из самых чудесных грез – мечты о возможности исчезать и появляться из ниоткуда, мечты о невидимости. В этом обзоре мы поговорим о том, благодаря чему появилась технология, которая еще недавно казалась похожей на волшебство.

Долгое время физики считали возможность скрытия предмета противоречащей всем законам оптики. Однако ровно век назад было выдвинуто предположение о существовании так называемых метаматериалов, обладающих отрицательным коэффициентом преломления [1]. Ученые быстро поняли их перспективность для обретения невидимости, и в последующие сорок лет активно пытались найти или создать такие материалы. Первые успехи были достигнуты на заре нового века, когда группа американских инженеров создала метаматериал, способный скрыть объект в микроволновом и инфракрасном диапазонах [2]. В 2006 году математически доказана возможность скрытия

во всем диапазоне длин волн любого объекта, даже активно излучающего или поглощающего излучение [3]. Это еще подстегнуло исследования, однако дальше шумихи в прессе и ряда громких мистификаций дело не продвинулось. К 2030 году стало очевидно, что ни один химический элемент не может служить основой для метаматериала полной невидимости, способного скрыть объект больше, чем диаметр волоса.

Решить проблему помогло другое открытие, сделанное ровно полвека назад, когда группа физиков из США предложила новую теорию формирования первичных черных дыр. Из нее последовало интересное предположение: поглощение нейтронных звезд такими черными дырами ведет к выбросу в окружающее пространство материи, которая порождает тяжелые элементы [4]. Эту идею обсчитали на суперкомпьютере, и оказалось, что если удастся воспроизвести такой процесс, то откроется путь к массовому синтезу новых сверхтяжелых элементов [5].

В 2034 году прошли первые успешные испытания международного экспериментального термоядерного реактора ITER [6], а в 2046-м началось массовое строительство термоядерных реакто-

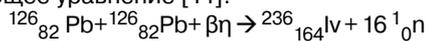
ров как для энергетики, так и для исследований. И вот в 2051 году группа инженеров из Италии сообщила об успешном запуске реактора, моделирующего работу Солнца [7]. Благодаря небольшим размерам и малому количеству водородного топлива модельные «звезды» проходили всю главную последовательность на диаграмме Герцшпрунга — Рассела [8] в течение нескольких месяцев. Эксперименты с реакторами подобного типа позволили подробно изучить звездную эволюцию и в итоге получить работающие модели черных дыр и нейтронных звезд [9]. До начала эры синтеза сверхтяжелых элементов оставалось сделать лишь один шаг, и пять лет назад первый такой реактор был построен в Китае [10]. Число попыток синтеза новых ядер выросло взрывообразно, и восьмой период Периодической системы химических элементов начал стремительно заполняться. Большинство новоявленных элементов имели только короткоживущие изотопы, времена полураспада которых не превышали нескольких микросекунд. Однако по мере приближения заряда ядер атомов к ста шестидесяти

Вверху: модель города с полупрозрачными зданиями

их стабильность неуклонно увеличивалась. Наконец ученые заговорили о достижении острова стабильности.

Концепция острова стабильности была предложена век назад американским физиком Гленном Сиборгом [11]. Согласно его идее, наибольшей стабильностью должны обладать так называемые дважды магические ядра, в которых количества как протонов, так и нейтронов оказываются «магическими числами» [12]. В соответствии с этой концепцией, стабильными могли быть ядра с атомными номерами 114 и 126, но они не оправдали ожиданий. Совершить прорыв в химии суждено было ядру с зарядом, соответствующим следующему магическому числу, 164.

С его появлением связана удивительная история. Во время одного из экспериментов лаборант, наблюдавший за происходящим в реакционной зоне процессом, вдруг с удивлением обнаружил, что взятый в качестве исходного вещества для синтеза порошок свинца исчезает на глазах. Эксперимент повторили, поместив в реакционную зону датчик давления и весы, но не зафиксировали повышения давления (которое могло бы свидетельствовать об образовании газа), и уловили лишь незначительное понижение массы. Неизвестное твердое вещество, осязаемое, однако совершенно невидимое глазу, обнаружил уборщик, выполнявший плановую чистку реактора. Так был открыт элемент, получивший название «инвизий» (лат. invisium) и символическое обозначение Iv [13]. Для реакции синтеза инвизия было предложено следующее уравнение [14]:



где $\beta\eta$ — частица, получаемая при поглощении нейтронной звезды черной дырой.

Очень быстро интерес к химии инвизия взлетел до небес, был создан научный журнал «Invisium», публикующий по несколько десятков работ ежемесячно. Инвизий оказался элементом 14-й группы с электронной конфигурацией $[Og] 8s^2 5g^{18} 6f^{14} 7d^{10} 8p^2$. Дважды магическое ядро невероятно стабильно, его период полураспада составляет 10^{15} лет. Самое важное свойство инвизия — отрицательный коэффициент преломления практически для любого излучения, от сверхдлинных радиоволн до рентгеновских лучей, что делает его идеальным метаматериалом. Уже сейчас ведутся разработки новых веществ и материалов, содержащих инвизий, способных обеспечить почти полную невидимость различных объектов.

В стандартном состоянии инвизий — твердый, прочный и тугоплавкий металл, температура его плавления превышает 5000 К. Подобно олову, свинцу и фле-

ровию, инвизий проявляет амфотерные свойства, образуя инвизаты с щелочноземельными металлами (например, CalvO_3) [15]. Это делает инвизий идеальным конструкционным материалом, позволяя создавать как металлоконструкции, так и цементы на его основе и возводить здания, вблизи выглядящие вполне обыкновенно, но полупрозрачные при взгляде издалека. Это благодаря ему появилась возможность любоваться природными ландшафтами даже в центре города-миллионника!

Из галоген- и алкилпроизводных инвизия синтезированы первые инвизийорганические соединения, в том числе и макромолекулярные [16]. Возможности, открываемые инвизийорганическими полимерами, почти безграничны. Тут и покрытия, волокна, ткани, позволяющие скрыть практически любой объект. Тут и искусственная кожа, которая позволяет покрытым ею объектам принимать покровительственную окраску. Да мало ли еще что можно придумать и изобрести! И все эти технологии могут войти в нашу жизнь уже завтра, поскольку первый завод по промышленному производству инвизия открывается на следующей неделе [17]!

Внедрение всякой новой технологии на начальном этапе вызывает опасения. Может показаться, что массовое



ПОЛБЕКА ТОМУ ВПЕРЕД

появление невидимых материалов повлечет за собой волну насилия и рост преступности. Эти страхи беспочвенны: человеческая цивилизация изобрела немало смертоносных вещей, но смогла успешно пережить свои изобретения. Невидимость не дает неуязвимости, бесплотности или безнаказанности. Научный же прогресс не остановить, и, вместо того, чтобы сокрушаться о некоторых неприятностях, нужно думать об очевидных плюсах, которые он в себе несет. Ведь как было сказано еще две тысячи лет назад: «...ибо кратковременное легкое страдание наше производит в безмерном преизбытке вечную славу, когда мы смотрим не на видимое, но на невидимое: ибо видимое временно, а невидимое вечно» [18].

Список литературы

1. В. Г. Веселаго. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ϵ и μ // Успехи физических наук, 1967, 92(7), 517–526.
2. J. B. Pendry, D. R. Smith. Reversing Light With Negative Refraction // Physics Today, 2004, 57(6), 37–43.
3. A. Greenleaf, Ya. Kurylev, M. Lassas, G. Uhlmann. Full-wave invisibility of active devices at all frequencies // Communications in Mathematical Physics, 2007, 275(3), 749–789.
4. G. M. Fuller, A. Kusenko, V. Takhistov. Primordial Black Holes and r -Process Nucleosynthesis // Physical Review Letters, 2017, 119(6), 061101.
5. Д. В. Савчик, А. В. Белик. Путешествие к острову стабильности // Химия и жизнь, 2023, 8, 4–7.
6. ITER. www.iter.org.
7. I. Cazzaro et al. Un nuovo reattore termoclearechemo della il sole // Chimica Oggi, 2051, 69(8), 65–73.
8. H. N. Russell. Relations Between the Spectra and Other Characteristics of the Stars // Popular Astronomy, 1914, 22, 275–294.
9. N. Gutierrez et al. Modelización de la evolución estelar, agujerosnegros y estrellas de neutrones // Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica, 2059, 115(2), 95–103.

10. 孙大睿, 陶冶. 用於合成超重核的新反應器// 核技术, 2062, 85(1), 54–59.

11. G. T. Seaborg. Elements Beyond 100, Present Status and Future Prospects // Annual Review of Nuclear Science, 1968, 18, 53–152.

12. J. Grumann, U. Mosel, B. Fink, W. Greiner. Investigation of the stability of superheavy nuclei around $Z=114$ and $Z=164$ // Zeitschrift für Physik, 1969, 228(5), 371–386.

13. F. Å. Rønning. Name and symbol of the element with atomic number 164 – IUPAC Recommendation // Pure and Applied Chemistry, 2065, 137(1), 63–65.

14. R. Floß et al. Eine Synthese von Invisium aus Blei im thermonuklearen Reaktor // Chemie in Unserer Zeit, 2066, 100(3), 211.

15. M. K. Reagel, D. Z. Shi. Propriétés amphotères du invisium, et des invisates alcalino-terreux comme composants possibles de nouveaux ciments // Invisium, 2066, 1(4), 548–572

16. V. Živanović, Č. Brđanin. Органска, органометална и полимерна хемија инвизијума // Invisium, 2067, 2(1), 5–84.

17. G. Okyay, I. Bilgili. Will Invisium soon be available for all? A new factory starts production // Invisium, 2067, 2(8), 3148.

18. β' Επιστολή προς Κορινθίους 4: 17–18.

Роберт Вуд, король эксперимента

Кандидат биологических наук

С.В. Багоцкий

Второго мая 2018 года исполняется 150 лет со дня рождения выдающегося американского физика Роберта Вуда (1868—1955). Блестящий экспериментатор, остроумный человек, большой любитель сценических эффектов — а еще борец с лженаукой и автор фантастических романов.

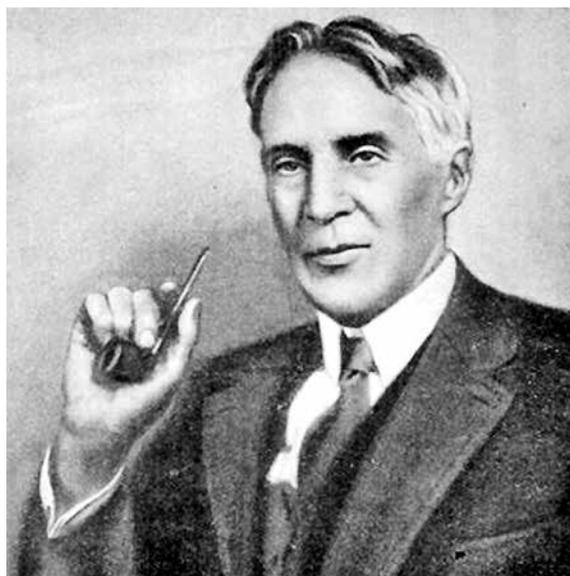
Роберт Вуд был поздним ребенком: отцу за 60, матери — далеко за сорок. Отец, Джозеф Вуд (1803—1892), был незаурядной личностью. Врач по профессии, он уехал на Гавайские острова, где возглавил госпиталь для военных моряков. Рассказывают, что однажды на Гавайи зашел русский военный корабль. Русский адмирал познакомился с доктором Вудом и подарил ему ценную книгу. В ответ доктор Вуд подарил адмиралу дорогую картину, наказав не вскрывать ящик с подарком до тех пор, пока корабль не выйдет в море. Вскрыв ящик, адмирал приказал кораблю вернуться на Гавайи, где вручил доктору дорогой кубок. Вот такое военно-морское гусарство.

На Гавайских островах доктор Вуд начал разводить сахарный тростник, что принесло ему немалое состояние. В 1866 году он вернулся на континент. Семья Вудов дружила с выдающимся американским философом Ральфом Эмерсоном (1803—1882), который очень любил маленького Роберта.

Роберт Вуд был добрым мальчиком, однако не отличался благонаравием. Склонность к разного рода взрывам и прочим проделкам, требующим технической изобретательности, проявлялась у него с раннего детства, и лишь чудесным везением можно объяснить, что эти опыты не закончились серьезной травмой. В уважаемой школе, где преподавали древние языки, учиться ему было скучно, и успехами в учебе он родителей не радовал.

Роберт подружился с сыном владельца завода воздуходушных машин Чарли Стертевантом. Чарли привел друга на завод отца, который восхитил Роберта. Он просил рабочих дать ему сделать что-то самому. Сперва рабочие отказывали, но затем сжалились, и вскоре Роберт стал вполне квалифицированным специалистом. Пользуясь заводской техникой, он делал разные интересные вещи. Например, самострел (родители не хотели покупать Роберту ружье). К сожалению, дружба Роберта и Чарли продолжалась недолго — Чарли умер. Для Роберта это стало большой трагедией.

Одно время Роберт увлекался биологией, но и здесь его в первую очередь привлекали эксперименты. Так, он поливал растения красными чернилами, чтобы проверить, не станут ли от этого листья красными. Зато работать с определителем растений ему совершенно не нравилось. Разумеется, он собирал коллекцию минералов, которые он находил в окрестных каменоломнях. И наблюдал небо в телескоп, который был у одного из друзей его отца. Примечательно отношение Роберта к деньгам. В мелочах он был скрягой, однако крупные суммы тратил с размахом.



В 1887 году Роберт Вуд поступил в Гарвардский университет. На экзаменах с позором провалился по латыни и греческому, но зато показал глубокие познания в естественных науках — и в результате был принят.

В студенческие годы Вуд выполнил интересную работу по геологии, экспериментально опровергнув гипотезу своего же профессора, геолога Натаниэля Шалера, согласно которой в нижних слоях ледника из-за огромного давления лед превращается в воду и ледник плывет по этой воде. Вуд показал, что при тех величинах давлений, которые можно ожидать, лед в воду превратиться не может. Шалер огорчился, но, как человек не мелочный, признал правоту студента. Вуд раскритиковал и другую идею Шалера о том, что метеориты выбросило в космос земными вулканами.

В то же время Роберт Вуд был стабильным хвостистом по математике и иностранным языкам. Заниматься тем, что ему неинтересно, он не умел и не любил.

В 1891 году Роберт Вуд окончил Гарвардский университет и поступил в аспирантуру по химии в Университете Джонса Хопкинса в Балтиморе. Вместе с другими аспирантами он жил в частном пансионе. Обитатели этого пансиона подозревали, что его хозяйка кормит постояльцев остатками вчерашнего обеда. Вуд решил вывести ее на чистую воду. Он добавил в недоеденные остатки обеда хлористый литий и на следующий день сжег маленький образец нового обеда. В спектре обнаружилась линия лития, и недобросовестная хозяйка была посрамлена.

Свои химические знания Роберт Вуд использовал и в отношениях с прекрасным полом. Когда во время прогулки на морозе у его девушки замерзли руки, он накапал в бутылку с холодной водой немного серной кислоты, которую носил с собой. При смешивании кислоты с водой выделилось тепло, получилась грелка. Девушка была так потрясена, что без колебаний согласилась выйти замуж за своего поклонника. Они жили долго и счастливо.

Эффектные демонстрации, часто за пределами аудиторий и лабораторий, были коньком Роберта Вуда. Истории о его научных фокусах и розыгрышах знамениты во всем мире. Даже герои советского подросткового романа Владимира Киселева «Девочка и птицелёт» — школьники, увлеченные химией, — повторяют некоторые из них, например, бросают в лужу кусочек натрия, чтобы напугать хулиганов.

В 1894 году Роберт Вуд поехал работать в Германию, где его интересы сместились от химии к физике, чему способ-



ствовало, в частности, открытие в 1895 году рентгеновских лучей.

В Берлине он встретился с другим американцем — Фрэнком Уиллардом, талантливым писателем и человеком авантюрного склада, чьи литературные достижения могли быть куда значительнее, если бы не склонность к горячительным напиткам. Уиллард предложил Вуду побывать в огромной и таинственной России. В реализации этой дорогостоящей идеи им помог российский министр путей сообщения князь Михаил Иванович Хилков (1834—1909).

Князь Хилков был необычным человеком. В отличие от большинства русских аристократов он не увлекался светской жизнью. В конце 1860-х годов отдал свою землю крестьянам и уехал из России в США, где работал сначала разнорабочим на строительстве железной дороги, затем приобрел профессии слесаря и железнодорожного машиниста, а потом стал инженером. Вернувшись в Россию, занимал ответственные посты на железных дорогах и в 1895 году стал министром путей сообщения Российской империи.

Уиллард познакомился с князем Хилковым во время пребывания того в Америке. Он написал князю, представившись собственным корреспондентом некоей газеты (что было неправдой); сообщил, что хотел бы вместе с коллегой-журналистом побывать в России и написать серию очерков о российских железных дорогах. В ответ он получил официальную бумагу из Санкт-Петербурга, дающую право бесплатного проезда по всем железным дорогам России в вагонах первого класса.

Уиллард и Вуд побывали в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Сибири, встречались с Чеховым. Запланированная встреча со Львом Толстым, по-видимому, не состоялась. Уиллард в самом деле написал несколько статей, которые опубликовали американские газеты. Написал статью и Вуд, но ее не напечатали.

Осенью 1896 года Роберт Вуд вернулся в США и получил место преподавателя в Висконсинском университете. Здесь

он завоевал любовь студентов эффектными экспериментами во время лекций и сделал важное изобретение. Он придумал, как отогревать трубы с замерзшей водой. Для этого нужно приложить к концам труб высокое электрическое напряжение. Металлическая труба ток проводит, а замерзшие земля и вода — нет. Ток идет по трубе и нагревает лед, который превращается в воду.

От этого изобретения выиграл не столько изобретатель, сколько университет, обратившийся в правительственные структуры с просьбой о выделении дополнительных средств. «А что практически полезного сделал ваш университет для страны?» — спросил чиновник. И университетская администрация вспомнила про обогрев труб. Деньги были выделены, Вуд получил повышение и купил редкий в те времена автомобиль, в котором разъезжал по маленькому университетскому городку, пугая местных старушек.

В 1901 году Роберту Вуду предложили должность полного профессора (заведующего кафедрой) экспериментальной физики в Университете Джонса Хопкинса в Балтиморе. Эту должность он занимал до выхода в отставку в 1938 году.

Уже в Висконсинском университете центр интересов Роберта Вуда переместился в область физической оптики, то есть взаимодействия света с веществом.

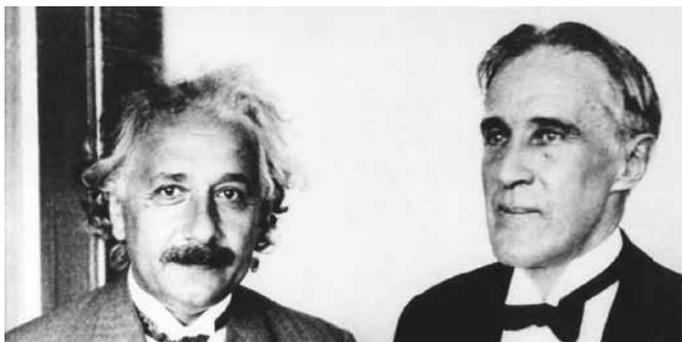
В конце 1850-х годов химик Роберт Вильгельм Бунзен и физик Густав Кирхгоф изобрели спектральный анализ. При нагревании образцов вещества оно начинает светиться, причем длины волн излучаемого света — строго определенные и зависят от того, какие элементы входят в состав вещества. Так, натрий дает ярко-желтую линию, калий — фиолетовую.

За несколько лет до этого философ Огюст Конт писал, что мы никогда не узнаем, из каких химических элементов состоит Солнце, ибо не сможем добыть образцы вещества для химического анализа. Однако Бунзен и Кирхгоф показали, что для решения этой проблемы образцы солнечного вещества не нужны — достаточно снять спектры солнечного излучения. Что исследователи и сделали, попутно обнаружив в солнечном свете линию неизвестного науке химического элемента, который назвали гелием.

Вскоре выяснилось, что химические элементы при нагревании изучают свет на нескольких длинах волн, причем на этих же длинах волн и поглощают свет.

В 1852 году Джордж Габриэль Стокс показал, что некоторые вещества при освещении сами начинают светиться, но длина волны такого свечения (названного флуоресценцией) изменяется. Стокс сформулировал правило, согласно которому длина волны флуоресценции всегда больше, чем у падающего света. Дальнейшие исследования, в частности Роберта Вуда, показали, что это правило выполняется далеко не всегда.

В начале 1900-х годов, исследуя флуоресценцию паров натрия, Вуд обнаружил, что спектр флуоресценции нетривиальным образом зависит от длины волны возбуждающего света: при ее увеличении длина волны излучаемого света уменьшается, так что при некоторых длинах волн они



Альберт Эйнштейн и Роберт Вуд

сравниваются. Это явление получило название оптического резонанса. Пятьдесят лет спустя было показано, что в определенных условиях интенсивность этой флуоресценции может многократно превысить интенсивность вызывающего ее света. Устройство, использующее этот эффект, получило название лазера. Таким образом, можно считать, что первый шаг к созданию лазеров сделал Роберт Вуд.

Добавим, что в 1911 году Роберт Вуд обнаружил оптический резонанс паров ртути в ультрафиолетовой области спектра.

Исследования, проводимые Вудом, требовали создания новых спектрографов, способных испускать лучи с различной длиной волны в разных направлениях, превращая белый свет в радуго. Спектрографы давали возможность точно определять длины волн, ответственные за тот или иной эффект, а также длины волн флуоресценции.

Спектрографы тонкого разрешения, позволявшие различать свет с близкими длинами волн, обнаружили тонкую структуру спектральных линий. Оказалось, что широкие линии состоят из нескольких узких, при этом набор узких линий может меняться при изменении длины волны возбуждающего света. С точки зрения физики первого десятилетия XX века это было совершенно непостижимо — для объяснения пришлось подождать появления квантовой физики.

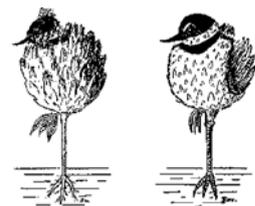
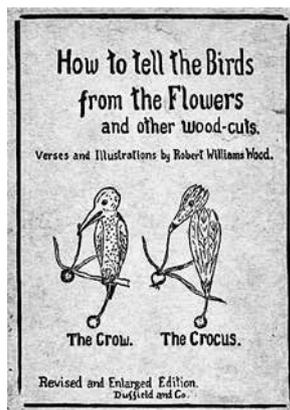
Спектрограф Вуда представлял собой, по сути, деревянную трубу длиной более четырех метров: с одной стороны дифракционная решетка, с другой — щель и зеркало. Однажды в спектрографе, установленном в сарае, поселились пауки и сплели паутину. Очистить трубу обычными способами не было возможности, и тогда Вуд запустил в нее кошку. Кошка прошла сквозь трубу и собрала на себя всю паутину; животное выглядело недовольным, но прибор был в порядке.

К 1905 году Вуд подготовил к печати свою монографию «Физическая оптика», подводящую итоги его исследований.

Роберт Вуд много работал над созданием хорошего источника ультрафиолетового излучения, не дающего примеси видимого света, пытался создать фильтры, надежно поглощающие видимый свет, но пропускающие ультрафиолет. Использовал для этого металлическое серебро, которое пропускало УФ-излучение в узком диапазоне, поглощая остальные лучи, экспериментировал и с некоторыми другими веществами. В конце концов он создал специальное стекло (стекло Вуда), в состав которого входит значительное количество окиси никеля или кобальта. А следующим шагом была «черная лампа» (ее еще называют лампой Вуда). Внутри лампы находятся пары ртути, через которые пропускается электрический разряд. При этом возникает свечение в ультрафиолетовой области и области видимого света, однако видимый свет поглощается стеклом Вуда, из которого сделана лампа. Черная лампа все-таки светится слабым фиолетовым светом, однако максимум ее излучения приходится на ближний ультрафиолет.

А вот сплав Вуда с температурой плавления 68,5°C, вопреки распространенному мнению, создал не Роберт Вуд, а его однофамилец — дантист Барнаба Вуд еще до рождения будущего физика.

Использование фильтров впервые (в 1902 году) позволило Вуду фотографировать разные объекты в ультрафиолетовой части спектра. В частности, он сделал фотографии Луны, где выявил область аномально сильного ультрафиолетового поглощения. Это оказался кратер Аристарх в северо-западной части видимой стороны Луны; кстати, в видимой области эта структура настолько яркая, что заметна на Луне невооруженным глазом. Предполагается, что грунту кратера придает оранжевый цвет сферические частицы диаметром около 0,2 мм из стеклоподобного вулканического материала — такой грунт обнаружил экипаж «Аполлона-17» в районе кратера Шорти. Есть также мнение, что в этом районе Луны имеются залежи серы.



The Clover. The Plover.

The Plover and the Clover can be told apart with ease, By paying close attention to the habits of the Bees, For ento-molo-gists aver, the Bee can be in Clover, While ely-molo-gists concur, there is no B in Plover. — 2 —

Книга «Как отличить птиц от цветов»: непереводимая игра слов почти на каждой странице

Интересно, что снимки Луны в УФ-области вышли очень контрастными, а снимки земных объектов — размытыми и практически лишенными теней. Это позволило сделать вывод о сильном рассеянии УФ-излучения в атмосфере.

Исследовал Вуд и инфракрасное излучение. Ему удалось отделить излучение в далекой инфракрасной области (длина волны более 0,1 мм) от излучения с меньшими длинами волн. В 1908 году он первым в мире начал фотографировать в инфракрасной области и показал, что листья зеленых растений сильно отражают инфракрасные лучи — на фотографиях они получались белыми.

«Роберт Вуд плодовит, как кролик», — говорил один из его коллег.

В 1908 году Роберт Вуд купил старую ферму. Жизнь на ферме стала для него источником новых идей. (Кстати, именно там был сооружен спектрограф, для прочистки которого использовали кошку.) На ферме он создал простой и оригинальный ртутный телескоп. Ртуть — жидкий металл, хорошо отражающий свет, и если заставить ее принять форму парабооида, то получится прекрасное зеркало для телескопа. А сделать это очень просто: нужно равномерно вращать цилиндрический сосуд с ртутью, тогда центробежная сила будет прижимать ртуть к стенкам и ртутная поверхность станет вогнутой, получится парабоид. Его параметры можно изменять, меняя скорость вращения.

Телескоп Вуд поместил в колодце. Правда, у изобретения оказался серьезный недостаток: с его помощью можно было наблюдать лишь объекты, находящиеся над колодцем в зените. Поэтому идея не нашла практического применения.

Заинтересовал фермера Вуда и парниковый эффект. Почему в парнике, покрытом стеклом, температура воздуха значительно выше, чем снаружи? Традиционная точка зрения заключалась в том, что пол в парнике поглощает видимый свет и излучает инфракрасные лучи, которые не могут пройти сквозь стекло, в результате парник нагревается. Вуд предположил существование другого механизма нагрева: воздух получает тепло от пола, и стенки парника препятствуют конвекции и подъему теплого воздуха вверх. Для проверки гипотезы он сделал два микропарника, один покрыл обычным стеклом, а другой — прозрачным материалом, пропускающим инфракрасные лучи. В обоих парниках воздух нагревался, следовательно, главной причиной нагрева было отсутствие конвекции.

После вступления США в Первую мировую войну Роберт Вуд представил военным ведомствам стран Антанты ряд идей. Так, для защиты от вражеских торпед он предложил обшивать днища кораблей дополнительным слоем металла, чтобы между старым и новым днищем оставался слой воздуха. Была у него также идея применять в военных целях слезоточивые

газы, которые не убивали бы солдат противника, а делали их небоеспособными. Но, пожалуй, самый необычный его военный проект — использование дрессированных тюленей для борьбы с вражескими подводными лодками. Удалось научить тюленей воспринимать шум винтов подводной лодки и запах выделяемого ею машинного масла, однако гоняться за вражескими лодками умные животные не стали — их отвлекали косяки рыб. Ни одной германской подводной лодки не удалось уничтожить подобным способом. Зато изучение тюленей помогло усовершенствовать приборы, улавливающие звуки в воде.

Признанием значимости военных изобретений Роберта Вуда стало присвоение ему звания майора. Ученый в военной форме называл сам себя «овцой в волчьей шкуре». В сентябре 1917 года он даже отправился в Европу, чтобы лично участвовать в испытаниях новых военных разработок.

Еще одним увлечением Роберта Вуда стала борьба с феноменом, которое советский физик Александр Исаакович Китайгородский (1914—1985) вслед за Чеховым называл «рениксой» (напишите слово «чепуха» письменными буквами и прочитайте, как будто это латиница, получится гепуха). Во времена Вуда, как и в наши дни, было немало людей, стремившихся опровергнуть законы физики и скучные материалистические истины. Среди них встречались и откровенные мошенники, и добросовестно заблуждающиеся люди, и потенциальные пациенты лечебных заведений психиатрического профиля. Роберт Вуд охотно откликался на просьбы разобраться в причинах странных эффектов. И почти всегда разбирался, наглядно показывая необоснованность претензий на опровержение научных истин. Если бы он был нашим современником, то, вероятно, стал членом международного Общества скептиков вместе с Ричардом Докинзом, Джаредом Даймондом и другими.

По просьбе полиции Роберт Вуд принимал участие в расследованиях преступлений, совершавшихся с помощью технических устройств, например реконструировал механизм бомбы, взорвавшейся на Уолл-стрит 16 сентября 1920 года (30 убитых и сотни раненых). Это преступление осталось нераскрытым, но в других случаях Вуд помог изобличить преступников. А в 1906 году он предложил полиции идею фотографировать документы в ультрафиолетовых лучах, чтобы выявлять зачищенные слова и фразы. Этот метод широко применяется в современной криминалистике.

В 1938 году, достигнув 70-летнего возраста, Роберт Вуд вышел в отставку, однако продолжал активно заниматься научной работой. Он пережил Вторую мировую войну и умер в 1955 году, в возрасте 87 лет. Как известно, многие выдающиеся исследователи жили долго — возможно, потому, что продолжали активно работать до глубокой старости. Роберт Вуд не был исключением.

За свою жизнь Вуд опубликовал 268 научных работ, из них 224 без соавторов и 44 — с одним соавтором. Экспериментальную часть почти всех своих работ он выполнял самостоятельно, а не просто осуществлял руководство. В научном обиходе прочно укоренилось выражение «эксперимент в стиле Вуда». Физики-экспериментаторы считали его наивысшим комплиментом. Вуд был членом многих научных обществ, в том числе иностранным членом АН СССР. С 1935 года до конца жизни он занимал пост президента Американского физического общества.

Роберт Вуд хорошо рисовал акварелью и масляными красками. Склонность к живописи унаследовала и его дочь Маргарет, которая стала художницей.

Знаменитый физик попробовал себя и в художественной литературе. Еще в 1887 году он отправил в чикагскую газету занимательную историю о прилете на Землю инопланетян. Что интересно, заметка была опубликована. В 1907 году Вуд



написал и сам проиллюстрировал веселую книжку «Как отличать птиц от цветов» — это был отголосок горячей дискуссии между писателями школы Сетона-Томпсона и учеными о том, где в художественной литературе, посвященной природе, кончаются наблюдения натуралиста и начинается вымысел. Роберт Вуд с серьезностью героев Льюиса Кэрролла учит различить клевер (clover) и ржанку (plover), крокус (crocus) и ворону (crow). Книгу называли полной ерундой, однако она имела успех.

Совместно с писателем Артуром Трейнсом (1875—1945) Роберт Вуд написал и в 1915 году опубликовал научно-фантастический роман «The Man Who Rocked the Earth» — «Человек, который потряс Землю», а затем продолжение — «The Moon Maker», которое не один раз издавалось на русском языке под названием «Вторая Луна». Вуд так увлекся, что даже сделал для книги фотографии, которые якобы снимали герои во время космического полета, — удаляющуюся Землю на них изображал раскрашенный крокетный шар. Однако роман был написан для журнала «Cosmopolitan», его редактор, увидев фотографии, заявил, что с такими иллюстрациями журнал станет похож на «Popular Mechanics», и отклонил их. (Видел бы он современную «Популярную механику»!)

Без сомнения, Роберт Вуд принадлежал к плеяде исследователей-романтиков, по классификации Вильгельма Оствальда, — таких как биологи Жан Батист Ламарк и Джон Холдейн, математики А.Н. Колмогоров и А.А. Ляпунов, физики Л.Д. Ландау, Ричард Фейнман и Стивен Хокинг. Они не любят долго заниматься одной и той же темой, сильно разбрасываются и не всегда доводят работу до конца; первыми протаптывают тропинки между научными дисциплинами, но для того, чтобы превратить тропинку в широкую дорогу, им обычно не хватает терпения.

Еще при жизни Вуда писатель Уильям Сибрук (1884—1945) написал о нем книгу «Роберт Вуд. Современный чародей физической лаборатории». В СССР ее опубликовали в 1946 году и переиздали в 1960-м. Редактором и автором предисловия был президент АН СССР, выдающийся исследователь в области физической оптики Сергей Иванович Вавилов (1891—1951). В предисловии Сибрук блестяще охарактеризовал своего героя:

«Маленькие американские мальчишки любят изобретать и делать разные штуки — змеи, взрывы, рогатки, машинки и трубочки для стрельбы горохом. Кроме того, они любят отчаянные и дерзкие проделки.

Сущность Роберта Вильямса Вуда в том, что это — сверходаренный американский мальчик, который не стал взрослым за всю свою жизнь. Это же можно сказать как о личности самого Марка Твена, так и о ее изображении в Томе Сойере и Геке Финне. Роль окружения в развитии этих двух американских мальчишек (одного — умершего, другого — живущего ныне), которые стоят и будут всегда стоять гигантами в своих совершенно различных областях, совершенно одна и та же».



Годжи — волчья ягода китайской медицины

Один человек прослышал некогда о целебных свойствах чудесной ягоды годжи и захотел вырастить ее в своем саду. Он расчистил место, выкопал сорную дерезу, посадил драгоценные семена, и выросла у него та же самая дереза.

Годжи — собирательное название двух близких видов, дерезы обыкновенной *Lycium barbarum* и дерезы китайской *L. chinense*. Это колючие кустарники семейства пасленовых, обыкновенная дереза вырастает до трех с половиной метров, китайская пониже. У них лиловые цветки-колокольчики и алые ягоды до 2 см в длину и до 1 см в диаметре. Они мясистые, на вкус горько-сладкие. Считается, что плоды обыкновенной дерезы полезнее, о ней мы дальше и будем говорить.

У этого растения много названий, чаще всего используют искаженное китайское слово «годжи». Сами китайцы называют растение *gouqi* (гоуци), а его плод — *gouqizi* (гоуцици). *Zi* означает «мелкий фрукт», а *gou* — «волк». Отсюда, видимо, и пошло название «волчья ягода», общеупотребительное и в английском, и в русском языке. Волчьими именуют многие ягоды, однако дереза такого не заслужила. Она не токсична и даже вполне съедобна, хотя и невкусна. Растет она в Азии и Юго-Восточной Европе, в том числе на юге России, но особенно популярна в Китае, где ее несколько тысяч лет используют как лекарственное и пищевое растение. Эта страна — главный мировой производитель дерезы. Плантации занимают 82 тысячи га, урожай составляет 95 тысяч тонн. Большая часть плантаций расположена в автономном районе Нинся и в Синьцзяне. Считается, что дереза из Нинся — самая лучшая. Ягоды едят свежими или сушат на солнце, чтобы они дольше сохранились. Высушенные плоды вязкие, как резина. Годжи добавляют в супы, каши, вино, тушат, заваривают из них чай. Молодые листья кладут в салаты.

В традиционной китайской медицине использование ягод годжи связывают с именем легендарного правителя Шэньнуну, покровителя медицины и сельского хозяйства, жившего за 2800 лет до нашей эры. Ягоды применяют как тонизирующее средство, которое позволяет сохранить зрение, делает сон крепким, а пробуждение легким, защищает почки, печень и легкие, помогает при бесплодии, сухом кашле, головных болях и головокружении. А еще годжи продлевает молодость, в частности противостоит преждевременному поседению. И все это благодаря способности годжи поддерживать в организме баланс «инь» и «янь».

Естественно, чудодейственной восточной ягодой заинтересовалась западная медицина, которую балансом энергий не проймешь. Ей подавай биологически активные вещества, механизм их действия и клиническое подтверждение эффективности препарата. Что ж, надо так надо! И в последние два десятка лет появилось множество публикаций, посвященных целебным свойствам годжи. Значительная их часть сделана китайскими учеными. Некоторые из них трудятся в США, где концентрированный сок годжи и порошок из него активно продаются в качестве БАДов, их соавторы — в Китае, часто прямо в Нинся, и Фонд естественных наук Нинся поддерживает изучение годжи. Разумеется, эти обстоятельства не влияют на результаты исследования.

Биологически активных компонентов у годжи нашли около 200. Красный цвет ягод обеспечивают пигменты каротиноиды, их содержание в сухих плодах колеблется от 2 до 4 мг/г. Более 95% пигментов приходится на зеаксантин. Известно, что ка-



ротиноиды полезны для зрения, в том числе предотвращают старческую дегенерацию желтого пятна — области сетчатки, где фоторецепторы расположены особенно густо. Биодоступность, то есть способность усваиваться в организме, у зеаксантина низкая. Она возрастает в три раза, если растолочь ягоды в горячем обезжиренном молоке (80°C). Вода такой же температуры или теплое молоко (40°C) подобного эффекта не дают. В какой степени ягоды годжи помогают сохранить сетчатку, пока неясно. С действием других овощей и фруктов, богатых каротиноидами, их не сравнивали. Кстати, в традиционной восточной медицине людей, у которых проблемы со зрением, пользуют растительными смесями, в которых годжи — лишь один из компонентов. Это же относится и к другим заболеваниям. Однако исследователи утверждают, что человек, съдающий 10—15 сухих ягод годжи в день, получит достаточно каротиноидов, чтобы сохранить сетчатку

Ягоды также содержат свободные аминокислоты, в том числе пролин, таурин, бетаин (ему приписывают антивозрастное действие), гамма-аминомасляную кислоту, фенилпропаноиды и флавоноиды, полифенольные соединения, витамины, в первую очередь тиамин, рибофлавин и аскорбиновую кислоту (витамин С). Увы, в сухих ягодах аскорбиновой кислоты существенно меньше, чем в свежих. Есть также цинк, железо и медь в следовых количествах и немного масла.

Однако главной лечебной субстанцией годжи считают полисахариды. На них приходится до четверти сухого веса ягоды. Это сложная смесь полимеров разной длины, состава и разветвленности. Их основные компоненты: арабиноза, глюкоза, галактоза, галактуроновая кислота, манноза, рамноза и ксилоза.

Экстракт полисахаридов готовят, заливая перемолотые сухие ягоды водой не горячее 60°C. Потом экстракт высушивают, и получается бурый порошок. Этот порошок, а также концентрированный сок годжи и сушеные ягоды активно продают как биологически активную добавку, полезную при многих недугах.

Действие экстракта исследовали на клеточных культурах и лабораторных животных. Оказалось, что водные экстракты годжи влияют на уровень глюкозы и жирных кислот в плазме крови, на иммунный статус, защищают клетки сетчатки от глаукомы, противодействуют старению. Обычно экспериментаторы используют неочищенный экстракт с неустановленным составом, тем не менее его активным действующим компонентом считают полисахариды. Связь между химическими свойствами и биологической активностью определенных полисахаридов до сих пор не установили, равно как и механизм их действия.

Эксперименты на животных проводили, наблюдая за изменением отдельных биохимических показателей. Берут, к примеру, старых мышей или крыс и некоторое время скармливают им экстракт годжи. В плазме крови таких животных снижается содержание антиоксидантных ферментов, защищающих организм от действия активных форм кислорода, и замедляется окисление липидов. Активные формы кислорода повреждают биомолекулы, поломки с возрастом накапливаются, появля-



ПАНАЦЕЙКА

ются проблемы со здоровьем, наступает старость. Антиоксиданты должны эти проблемы решить. Поскольку полисахариды годжи — антиоксиданты, они замедляют старение. Вот такая логика. Как себя чувствуют мыши, накормленные экстрактом годжи, и насколько дольше они на самом деле живут, не проверили. А если экстракт снижает содержание глюкозы и липидов в крови, можно объявить годжи перспективным антидиабетическим средством. Есть данные, что полисахариды задерживают развитие саркомы и рака простаты у мышей, активируя иммунную систему. При этом животных лечили не чистым экстрактом годжи, а смесью с чесноком.

Безусловно, клинические испытания, выполненные по всем правилам, с двойным слепым контролем, были бы убедительнее. К сожалению, таких испытаний очень мало, и большую их часть провела американская компания «FreeLife International, Inc.», которая специализируется на продаже пищевых добавок, в том числе сока и ягод годжи. В 2009 году компанию обвинили в ложной рекламе чудо-свойств *L. barbarum*. В том числе фирма утверждала, что ягоды помогают больным раком, ссылаясь при этом на данные, полученные на клеточных культурах и к человеку неприменимые. Так что компания подсуетилась и провела несколько краткосрочных испытаний на малой выборке. Об их достоверности можно судить по нескольким примерам.

Шестнадцать здоровых китайских добровольцев ежедневно выпивали по 120 мл сока годжи стандартного состава, получая 1,632 мг полисахаридов в день. Спустя две недели они сообщили, что чувствуют себя энергичнее и бодрее, им легче сосредоточиться, сон улучшился и желудок работает прекрасно. Восемнадцать участников контрольной группы, которые получали похожую на сок жидкость, состоящую из сахара, лимонной кислоты и красителя, никаких изменений не почувствовали, лишь один стал счастливее, а другой заработал изжогу. Сравнить действие сока годжи с другими фруктовыми соками никто и не подумал. В другом исследовании пятнадцать человек с избыточным весом за две недели потеряли по 5 см в талии. Как изменился их вес — неизвестно, как долго продлился эффект — тоже. И достоверность этих результатов, честно говоря, вызывает сомнения.

Китайские специалисты пытались лечить экстрактом годжи больных сахарным диабетом 2-го типа. Тридцать семь пациентов дважды в день получали капсулы со 150 мг сухого экстракта, 30 участников контрольной группы — капсулы с микрокристаллической целлюлозой. Спустя три месяца исследователи проверили, как меняется содержание глюкозы в крови пациентов после того, как они выпьют жирный коктейль. У контрольной группы показатели оказались лучше. При этом систематического наблюдения за пациентами не вели, многие из них во время исследования принимали другие лекарства.

Специалисты и сами признают, что данных о полезных свойствах годжи пока недостаточно. Но если вам очень хочется верить, попробуйте посадить дерезу у себя под окном. Куст красивый, ягоды безвредные.

Н.Ручкина



Художник П. Перевезенцев



Художник В. Камеев

САМО

Художник В. Камеев

Двери саванны

Эдуард Шауров

Рэю Дугласу Брэдбери посвящается

Два спаренных звена — четыре тройки бойцов, каждый в легкой броне и шлеме с тактическим забралом. Два снайпера-близнеца с раздвижными «Перегрин-200». Оператор дронов-разведчиков. Оператор подавления помех. Два оператора-реактивщика с наплечными рамами пусковых установок. А кроме того, наводчик боевой киберсистемы, координатор локальной сети отряда, координатор внешней сети и, конечно, командир группы. Двадцать два человека. Штатный взвод городского спецназа.

Дэйв нагнулся к стеклянному прилавку, на котором двумя рядами стояли маленькие, не больше восьми дюймов, фигурки.

— В каждого встроен процессор Крайгрэн Анди, — гордо сообщила симпатичная продавщица. — Функции, конечно, усечены, но практически это тот же процессор, какими комплектуют настоящих роботов.

На продавщице, как и на прочих сотрудниках, были сиене-красные спексы в массивной оправе — корпоративный стиль супермаркетов Dak. Дэйв взял с прилавка одного из спецназовцев, любуясь, осмотрел фигурку со всех сторон. Черт их побери! Те Джи-Ай Джо, что когда-то составляли предмет вождения маленького Дэйва, ни в какое сравнение не шли с этими. Сложные шарнирные суставы, полная автономия двигательных функций, амуниция — точная копия настоящей, абсолютно живые лица под забралами. Дэйв, наверное, даже не удивился бы, узнав, что микроскопическую щетину на игрушечных подбородках полагается время от времени брить игрушечной бритвой.

— Управляются непосредственно с головного брейнчипа через стандартный спекс-монитор, — сообщила продавщица, — но реагируют и на голосовые команды. Имеют двести восемьдесят стандартных программ-сценариев с возможностью комбинирования. Оружие заряжается пульками-микрокапсулами. Броня изготовлена из настоящего углепластового композита. К набору можно отдельно купить бронеевтомобиль, станковые гранатометы и переносные комплексы для борьбы с дронами. Тем, кто покупает товар с прилавка супермаркета, мы предлагаем дополнительные льготные услуги на текущую настройку, перепрошивку и гарантийное обслуживание...

— В детстве, — почти не слушая ее, проговорил Дэйв, — у меня был набор зеленых беретов. Мы с другими пацанами собирались в Игл Крике и устраивали в дальних аллеях настоящие баталии. У Боба Спенсера было четыре «Абрамса-М», у Анвара Коула — дюжина боевых пловцов из САТ, а у Дика Мазурски — вообще шесть наборов и один страшно редкий: двадцать полярных спецназовцев аж из самой России. Кажется, ему их прислал дядя.

На лице продавщицы появилось легкое замешательство.

— Я могу предложить вам драккар с набором викингов или французских гвардейцев восемнадцатого века... — проговорила она неуверенно.



ФАНТАСТИКА

— Нет-нет, — поспешно сказал Дэйв. — Я беру. Сколько мне нужно заплатить?

— Секундочку. — Девушка заулыбалась, и в спексах Дэйва всплыли цифры. — Это уже со скидкой. Если возьмете два набора, магазин готов снизить цену еще наполовину.

— Спасибо. — Дэйв покачал головой: — Одного пока хватит.

— Как скажете.

Перед глазами высветились строчки реквизитов. Дэйв активировал операцию.

Уже через пять минут с красочной пластиковой коробкой под мышкой он вышел на улицу. Яркое-желтое автоматическое такси, повинувшись запросу его головного чипа, свернуло к обочине, гостеприимно раскрывая двери.

— Подумайте или назовите необходимый вам адрес, — промурлыкала система бархатым баритоном.

— Кофман-роуд пятьдесят, — сказал Дэйв, падая на сиденье. — И побыстрее.

— Здравствуй, мистер Сандерс. Вам на двадцатый? Подумайте или назовите нужный этаж, — услужливо прошептали зеркальные двери лифта.

— Мне на сорок пятый, — ворчливо ответил Дэйв. — И я не Сандерс, а Саймонд.

Наверное, стоило бы разозлиться, что его путают с каким-то там Сандерсом, но сегодня совершенно не хотелось.

«Когда владельцы наконец настроят систему?» — размышлял Дэйв, шагая по коридору этажного сектора. Он остановился у двери в квартиру. Шевельнулся глазок распознавателя, над ним замигал сигнал готовности. Дэйв подумал цифры входного кода. Брейнчип трансформировал сигнал и через височные контакты мгновенно передал его в трансляторы спексов. Красный огонек возбужденно замигал. Дэйв сжал пальцы на дверной ручке. Папиллярный сканер, считав отпечатки хозяина, радостно переключил огонек сигнала на зеленый — добро пожаловать, мистер Саймонд! — и ручка мягко провернулась.

Кто-то назовет тройной контроль доступа ненужным излишеством, но, работая оператором в охране «Макси Мун Коммуникэйшн», Дэйв насмотрелся на всяких ловкачей и на всякие способы незаконных проникновений. Не то чтобы он стал параноиком, но проще поставить пару дополнительных чипов, чем бояться за своих родных. Мой дом — моя крепость.

— Здравствуй, милая! Я уже дома!

Худенькая миловидная женщина, возвышаясь у панели кулирного десублиматора, обернулась. На губах Лизи расцвела робкая улыбка, будто цветок из магазина «Флориус метаморф». Сколько Дэйв помнил, его жена всегда была тихой. Когда-то давно он и запал на будущую супругу за эту удивленную пугливость и еще — за огромные влажные глаза чуждого разреза.

— Курятина в процессе, — сказала Лизи, с готовностью подставляя губы для поцелуя. — Ты сегодня совсем рано. Может, лучше было заказать что-нибудь с доставкой?

— Нет, — улыбаясь, ответил Дэйв. — Я хочу, чтобы сегодня был особенный ужин, и мне нравится, как ты готовишь.

Лизи слегка покраснела. Суть ее готовки сводилась к выбору программ в десублиматоре, но похвала была приятна.

— А что это у тебя?

— Подарок для Чарли. — Дэйв поставил коробку на пол за подлокотником дивана: — Надеюсь, ему понравится. Кстати, он где?

— В детской, как обычно. Позвать?

— Нет, — сказал Дэйв, обнимая жену за плечи. — Вручу за ужином. Ты отправляла его гулять?

— Да, на полтора часа в шагодром, на пятнадцатый. — Губы Лизи сложились в печальную скобку. — Знаешь, по-моему, Чарли просто ненавидит эти строллеры и прогулочные дорожки.

Дэйв поморщился.

— Мне не нравится, что он день-деньской сидит в Сети, — сказал он, пытаясь оставаться спокойным. — Когда мне было двенадцать, я, конечно, не бегал по улицам как заведенный, но сходить с друзьями в «Электроболл» или на киберматы в «Асимоклаб», или просто прошвырнуться по Десятой...

— Ты сегодня какой-то странный, — опасно проговорила Лизи. — На работе все в порядке?

— Да, более-менее. А что это с окном?

— А что может быть с окном?

— Не знаю... — Обогнув стол, Дэйв остановился у широкой, почти во всю стену, панели электронного окна.

Индикатор на нижнем ригеле окантовки размеренно мигал, сигнализируя о разгрузке камеры мусороприемника. Странно. Дэйв придвинулся к экрану и заглянул вверх, вниз, на шестиполосную ленту Кофман-роуд, затем чуть увеличил изображение, всмотрелся. Жучки машин и муравьи редких пешеходов между столбиками парковочных счетчиков — всё замело в странном утопическом стоп-кадре.

Дэйв снова поморщился.

— Ты не меняла настройки окна? — спросил он, заранее зная ответ.

— Нет, — испуганно отозвалась Лизи. — Это, наверное, Чарли, — добавила она извиняющимся тоном, — шалил...

«Шалил... — подумал Дэйв — Интересно, как давно наше окно показывает скриншоты, и зачем он вообще это сделал?»

Он вызвал в спексах контекстное меню, но уже через минуту понял, что не может сообразить, как вернуть настройки, и, чертыхнувшись, запустил перезагрузку системы. Окно задумчиво мигнуло, и прямо перед лицом Дэйва неожиданно возникла тупая морда коммунального джеттера. Широкий, словно люк канализации, раструб медленно отплыл назад, шевеля усиками очистителей, где-то в глубине ненасытной утробы алчно терлись друг о друга акульи зубы измельчителей. Шевельнулись закрылки, джеттер упруго качнулся на струе газа и ушел вверх, к сорок шестому. Одновременно с этим мелодичными колокольцами зазвенел десублиматор.

— Ну как дела, герой? — Дэйв, улыбаясь, мерил сына внимательным взглядом.

Тощий нескладный мальчишка переступил с ноги на ногу. Пацан как пацан, с белобрысой челкой, свисающей на узенькие, не толще мизинца, спексы. Впрочем, сейчас они называют их линерами или как-то в этом духе, а еще раньше называли стиксетами.

— Нормально, — сказал Чарли, глядя на пол.

— Хочу сделать тебе подарок, — улыбаясь, сообщил Дэйв.

— Круто, — равнодушно отозвался Чарли. — А сегодня какой-то праздник?

— Вроде того. Закрой глаза.

— Зачем?

— Закрой, говорю.

Чарли покорно закрыл глаза и сразу сделался пугающе отстраненным. Белокожее спокойное лицо, перечеркнутое узкой полоской зеркальных стекол. Черт! Прошлые спексы были широкой хотя бы с большой палец. Однажды Дэйв спросил сына, что он вообще может там разобрать? И отпрыск высокомерно ответил, что примитивный визуал для него не главное.

Цветастая коробка появилась из-за края дивана и торжественно опустилась в подставленные мальчишечьи ладони.

— Можно открывать, — радостно сообщил Дэйв.

С выражением напряженного внимания Чарли хмуро осмотрел коробку со всех сторон.

— Ну, как? — Рот Дэйва растянулся от уха до уха.

— Класс, — сказал мальчик. — Спасибо.

Чуть поколебавшись, он отвернулся и аккуратно положил коробку на диван.

— Даже не откроешь? — потрясенно проговорил Дэйв.

— Зачем? — Чарли пожал плечами. — Я просмотрел тикоды. Там двадцать два мини-анди, типа взвод спецназа. Назвать параметры?

Дэйв открыл рот, пытаясь переварить сказанное и сообразить, как следует реагировать. Мысли в голове смешались, и только голос Лизи вывел его из ступора:

— Все готово! Мальчики, идите к столу.

Пока они устраивались вокруг овальной столешницы, пока разбирали приборы и наполняли тарелки, обида со злостью, в первый момент захлестнувшие Дэйва, постепенно улеглись, уступая место терпеливому рассудочному чувству. «Ну и что, в конце концов? Что произошло? — думал он, пережевывая хрустящую куриную корочку и поглядывая на Чарли, уныло тыкающего вилкой в гарнир. — Каждый реагирует, как умеет. А дети сейчас такие странные. Нужно быть сдержаннее и спокойнее. И тогда все станет на свои места».

— Как дела в школе? — спросил Дэйв, стараясь говорить беззаботно.

Чарли быстро покосился на отца.

— Нормально.

— Проходили что-нибудь интересное?

— Классиков футуристического романтизма, — ответил Чарли после маленькой паузы.

— И как тебе?

— Ничего... Местами поучительно.

— Я тоже читал в детстве Брэдбери, — радостно поделился Дэйв. — Мне нравилось.

Чарли аккуратно положил вилку.

— Я уже наелся, — сказал он негромко. — Можно, я пойду?

— Нет. — Ладонь Дэйва тихо, но твердо легла на стол. — Во-первых, доешь то, что лежит в тарелке, а во-вторых, у меня есть очень важное объявление.

— Объявление? — переспросила Лизи.

— Да. — Дэйв торжественно осмотрел свою семью: — Сегодня я взял отпуск на три недели и забронировал билеты. Мы летим отдыхать на остров Науру.

— Науру? — неуверенно улыбаясь, переспросила Лизи. — А где это?

— В Тихом океане, — сообщил Дэйв. — Это Микронезия. Три недели в маленьком бунгало, пляж, пальмы, корт для тенниса, аборигены в шапках из кокоса и никакого Интер-

нета. Полностью десетизированная зона. Таких всего пять на весь мир. — Он показал растопыренные пальцы: — Блокируют даже сигналы со спутников.

На лице Лизи начало проступать восхищенно-недоверчивое выражение.

— Три недели сплошняком из зеленых волн. — Глаза Дэйва блестели. — Ракушки, белый песок и шезлонги на пляже.

— Я не поеду, — вдруг сказал Чарли.

Родители вздрогнули и разом обернулись.

Мальчик сидел, неестественно выпрямившись и отодвинул от себя тарелку.

— Оставьте мне купоны на месяц и езжайте. Можете переключить все смарты в гувернант-режим.

— Чес... — Лицо Лизи вытянулось.

Дэйв был внутренне готов к чему-то подобному.

— Как тебя понимать? — спросил он очень спокойно.

— Я не могу пропустить три недели в школе, у меня важные тесты.

— Ерунда, — сказал Дэйв, внимательно глядя на сына. — Сегодня я говорил с миссис Блэйр. Со школой проблем не будет.

— Я не поеду, — повторил Чарли упрямо.

— Поедешь. Какое-то время без Интернета пойдет тебе только на пользу. Отдохнешь от сети и от своих друзей, которых никто никогда в глаза не видел.

Рот Чарли перекосило.

— Что ты понимаешь? — прошипел он почти с ненавистью. — Сами валите на свой остров. Я остаюсь.

— Встать! — тихо и яростно сказал Дэйв. — Сопляк. Ты поедешь, куда тебе скажут. А сейчас марш в детскую.

Чарли вскочил, едва не уронив стул.

— Подарок! — рявкнул Дэйв. — Подарок мой забери! И не смей больше трогать окно!

Схватив с дивана цветную коробку, шипящий от возмущения Чарли вылетел прочь из столовой.

Пару минут родители молчали, глядя на качающееся плотно закрытые двери, потом Лизи ласково положила ладонь мужу на запястье.

— Милый, может, не надо на него так? — проговорила она просительно. — Ну, поедем не на тот остров, а на другой...

— Надо! — прорычал Дэйв. — Неужели ты не видишь? Мы теряем сына. Когда ты в последний раз слышала от него что-нибудь, кроме «да», «нет» и «спокойной ночи»? Ты знаешь его друзей? Подруг? Хотя бы одного? Он день-деньской в сети. Он похож на наркомана с допаминовым имплантом! Ты видела наркоманов с допаминовыми имплантами?

— Что ты такое говоришь? — пробормотала Лизи.

— Я боюсь, — голос Дэйва опустился до шепота, — я жутко боюсь. Мы не знаем, чем он живет, что делает, где бывает. Мы ни черта про него не знаем. На днях я попытался через родительский канал заглянуть в его кластеры, и мне отказали в доступе. Понимаешь? Меня даже в прихожую не впустили. Десяток липовых контактов, десяток левых ресурсов, со всеми моими вшивыми допусками. И мне это не нравится!

— Дэйви, пожалуйста...

— Мне не нравится! — почти крикнул Дэйв, не слушая жену. — Мне не нравится, когда на меня смотрят, как на вредное насекомое. Мне не нравится, когда блокируют доступ. Мне не нравится, когда мой сын целыми днями сидит в позе Будды посреди темной комнаты и пялится в спексы, которые показывают одни пик-коды. Мы купили ему в детскую лучшие визеостены, какие смогли оплатить: с объемным звуком, с эмулятором запахов. Я бы в детстве умер от радости, подари мне предки такое, а ему плевать.

— Не плевать. Совсем не плевать. Позавчера ты с ним поговорил, и вчера он уже включал какие-то картинки.

— Замечательно! Теперь он медитирует посреди картинок.

— Но у него много уроков... — пробормотала Лизи.

— Бред! — Дэйв ударил по столу кулаком: — Сегодня я говорил с куратором их класса! Она не знает, чем ее ученики занимаются в школе. Она боится, что в восьми случаях из десяти преподает ботам.

— А как же школьные фильтры?

— Я не знаю, — произнес Дэйв мрачно. — На той неделе мне сообщили, что в нашей квартире были перекодированы наружные люки очистки и доставки. Управляющий решил, что это сбой софта, жутко извинялся. А в нашем доме фильтры посерьезнее школьных... Честно говоря, я уже ни в чем не уверен...

Лизи мигнула.

— Мы не всегда понимаем Чарли, — сказала она дрожащим голосом, — но киберпсихолог говорит, что это скорее нормально. Ведь у него брейнчип третьего поколения, а у нас только второго. Если мы захотим и постараемся попасть в программу...

— Наш ребенок уходит в астрал, — тихо сказал Дэйв, вплотную придвигаясь к жене, — в чертову цифровую нирвану, где нет ни тебя, ни меня, ни земли, ни неба, где вообще все наизнанку... Однажды, по работе, я подключался к парню с третьим... — Его губы дрогнули: — ...и больше не хочу ничего такого. Ты понимаешь?

Некоторое время Дэйв молча водил пальцем по краю тарелки, затем, словно очнувшись, поднял глаза на жену.

— Слушай, — сказал он задумчиво: — может, нам стоит перевести Чарли в контактную школу?

— А разве такие еще есть?

— Есть пара-тройка: за парком Франклина, на Марлин-роуд и в Сикс-Пойнт.

— Но ведь психолог... — жалобно начала Лизи.

Дэйв стиснул челюсти.

— Ты видела его новые спексы? — спросил он почти зло.

— Линеры, — поправила Лизи.

— А знаешь, сколько они стоят?

— Нисколько. Он обменялся с кем-то из приятелей через сетевую доставку...

— Черта с два! — Дэйв рубанул ладонью воздух. — Это LX. Модель поступила в продажу в конце того месяца. Она стоит полторы тысячи. Полторы! Хотел бы я знать, где он взял деньги. Парень просто вешает нам лапшу...

Лизи открыла рот, но в это время пронзительный звук заставил Дэйва подскочить на стуле. На широкой панели окна замигала надпись: «Внимание! Опасность возгорания в детской». Опасность возгорания в детской». Спустя мгновение такие же буквы всплыли в стеклах спексов, а еще через мгновение — забубнили трансляторы в дужках оправы: «Внимание! Опасность возгорания в детской...»

Опрокинув стул, Дэйв выскочил из столовой, в несколько прыжков пересек гостиную, рванул из ниши огнетушитель. Едва не зашибив дверью бежавшую сзади Лизи, он влетел в детскую с красным баллоном наперевес и... потерялся. Яркое африканское солнце встретило его стеной почти осязаемого жара, ударило по глазам так, что в первый момент Дэйв непроизвольно зажмурился. Держа в вытянутых руках красный баллон и часто моргая, он шагнул вперед. Челюсть его отвисла. Внутри вдруг скользнуло смутное чувство дежавю, какое-то давнее, почти забытое воспоминание... Бездонное лазоревое небо с гуашевыми мазками облаков висело над головой, точно громадная перевернутая чаша.

Желтая равнина плоская, как обеденный стол, простиралась влево и вправо, докуда хватало глаз, и лишь далеко-далеко на горизонте смутно синели конусы низких гор, да еще торчали то тут, то там купы кривовато-долговязых деревьев с расплюснутыми кронами.

Чарли, скрестив ноги по-турецки, сидел в примятой голографической траве отстраненный и неподвижно-сосредоточенный. Прямо перед ним, взяв оружие наизготовку, двумя шеренгами стояли Джи-Ай Джо. Коридор из двух десятков миниатюрных, но решительных солдат.

Дэйв недоуменно потянул носом. Он не чувствовал никакого дыма.

— Чес, что происходит? — где-то за его спиной испуганно проговорила Лизи.

Чарли, не поднимая головы, медленно развел руки в стороны. Дэйву показалось, будто град мелких дробинок обрушился из открывшейся воронки на мембрану невидимого барабана. Трещотка автоматных затворов бешено завертелась, разгоняя сухой беспорядочный ритм. Выпустив из рук огнетушитель, Дэйв шагнул вперед, туда, где две шеренги игрушечных автоматчиков исступленно палили друг в друга из всех видов оружия. Вот упал на колени один, с рамой на плечах, вот опрокинулся другой, вот снайпер, заплетаясь ногами, сел на пятую точку, и голова в каске, будто пробка от шампанского, вдруг выстрелила вверх, отрываясь от шеи. Почти не понимая, что делает, Дэйв прыгнул вперед и схватил сыплющее искрами безголовое тело.

— Ты что?! — заорал он. — Ты что творишь?!

Ладонь, описав широкую дугу, наотмашь ударила сидящего мальчишку по щеке и без всякого сопротивления пролетела сквозь бесплотный фантом. По инерции Дэйв крутнулся вокруг оси, теряя равновесие, а голографический Чарли весело подмигнул отцу и пошел рябью, растворяясь в воздухе. В следующую секунду Дэйв, не слушая визг перепуганной Лизи, рванул к двери, вцепился ручку, дернул. Дверь была заперта.

— Открыть! — заорал Дэйв. — Открыть немедленно! Пароль: чарли три сигма двенадцать штрих!

Ручка едва не вылетела из гнезда, но раскрашенное в цвета саванны углепластовое полотно даже не шелохнулось.

— Маленькая тварь! — взревел Дэйв, прилипая лицом к теплой шероховатой поверхности. — Чарли! Немедленно отоприте! Я все равно выйду и спущу тебе шкуру с задницы. Немедленно открывай, гаденыш!

Желтые заросли травы на дверном прямоугольнике едва заметно качались под легким ветерком, в далеком небе кружила какая-то черная птица. Дэйв несколько раз лягнул дверь, затем вдруг засмеялся и сел в голографическую траву.

— Нас заперли, — сказал он, стоявшей посередине комнаты растерянной Лизи. — Нас банально заперли.

Края неаккуратного круга, прорезанного в проекционном покрытии, чуть помаргивали желтым. Закусив губу, Дэйв еще немного надавил, пытаясь вогнать лезвие перочинного ножа в узкую щель у штока дверной ручки. Он понимал, что двери таким образом не открыть, но если как-нибудь изловчиться вытолкнуть шток из гнезда... Зачем? Дэйв точно не знал, но почему-то был уверен, что если докричаться сквозь маленькую дырку до сына, то все можно будет уладить. Лезвие дзинькнуло и сломалось.

— Сука, — тихо проговорил Дэйв, отшвыривая сломанный нож.

Он поднялся с корточек и отступил от двери. Солнце, наливаясь красным, неуклонно ползло по фальшивому небу к фальшивым холмам на горизонте. Тени делались длинны-

ми, как размякшая жвачка. В невидимых широкополосных колонках звенели насекомые.

Не оборачиваясь, Дэйв покосился на левую стену. Они по-прежнему были здесь: четыре желтые мускулистые твари лежали в зарослях высокой травы, лениво-изящные, красивые и страшные. По спине невольно пробежал холодок озноба. Кажется, их называют львами... или пантерами? Нет. У пантер пятна по всему телу. Определенно львы... или львицы, и теперь они лежат всего в паре десятков шагов. Дэйв чувствовал исходящий от них запах.

С трудом сдерживая накаत्याющую злость и не спуская глаз с изуродованной ударами огнетушителя двери, он попытался и сел на пол. Сильно болело плечо: попытки вышибить дверь с разбега тоже ничем не увенчались. Чертов «Кларк и компания». Кажется, впервые Дэйв жалел о том, что рекламные обещания оказались правдой.

Возле его руки лежало тельце безголового снайпера. Стараясь не смотреть на львов, Дэйв поднял игрушку. Ощущение, будто в шее взорвался маленький взрывпакет. «Черт! — подумал Дэйв. — И как он это сделал? Как он вообще всё это сделал?» По идее, в каждом тактическом шлеме Джи-Ай Джо должен иметься радиопередатчик, но, чтобы добраться до управления, нужен чип. Дэйв вынул из кармана спексы, вывел на серые экраны линз информацию о системе: ваш брейнчип временно заблокирован, доступ к сети — отсутствует, доступ к сайтам экстренных служб — отсутствует. Кто бы сомневался? Сейчас мы, наверное, всей семьей летим над Тихим океаном. Дэйв беззвучно и зло засмеялся. Все, что происходило, было настолько нереальным, что мозг отказывался верить.

Одна из огромных кошек вдруг поднялась, грациозно потянулась, обогнула своих товарок и вновь легла в траву, внимательно глядя на сидящего человека. Над ее головой кружились насекомые. Дэйв в очередной раз отвел глаза.

— Лиз, — позвал он, оглядываясь через плечо. — Милая, ты меня слышишь?

Лизи, потерянно бродившая вдоль дальней стены, остановилась. Ее лицо с трудом приобрело осмысленное выражение.

— Лизи, — проговорил Дэйв бодро, — ты так дырку в полу протопчешь, а он денег стоит, между прочим. Ну-ка немедленно соберись и топай сюда. — Он похлопал ладонью по проекционному покрытию пола.

Женщина бледно улыбнулась и, стараясь держаться как можно дальше от лежащих в траве львов, подошла к мужу. Она села рядом с Дэйвом и прижалась к его плечу. Львы разом повернули головы, Дэйв почувствовал, как напряглась спина жены.

— Не бойся, глупая, — сказал он тихонько. — Это всего лишь голограмма.

Лизи шмыгнула носом.

— Вот, — сказала она, ставя перед мужем початую бутылочку сока, — нашла во встроенных ящиках. Попей немножко.

Дэйв сглотнул.

— Нет, — сказал он, отодвигая сок. — Пока не хочу. Убери куда-нибудь. — Он хотел добавить: «От греха», но не стал.

Лизи покорно убрала бутылку.

— Представляешь? — Дэвид показал ей безголового солдата. — У нас есть два десятка шлемов с мини-передатчиками, но задействовать их можно только с брейнчипа. Ты проверяла свой?

Лизи обреченно вздохнула.

— И как?

— Никак. Он заблокирован.

Дэйв размахнулся и швырнул безголовую игрушку в стену с львицами. Несчастный снайпер отлетел, ударившись о воздух, звери глухо зарычали.

— Не надо... — жалобно попросила Лизи. — Не надо их злить.

— Это просто картинка, — сказал Дэйв твердо, — трехмерная картинка. Они не могут вылезти из стены и сожрать нас. Хочешь, я подойду и щелкну вон ту по носу?

Лизи испуганно замотала головой.

— Не надо бояться, — прошептал Дэйв, прижимая к себе жену. — Не надо бояться. Они всего лишь иллюзия.

«Они только иллюзия, — подумал он горько. — Никаких страшных сказок, никакого Брэдбери... Теперь все, кажется, будет равнодушно, пусто и неумолимо».

Лизи опять вздохнула.

— Мы умрем? — тихо спросила она.

— Какое еще умрем? — Дэйв встряхнул жену за плечи.

— Что за настроения? Что за дикие мысли? Чарли победит парочку часов и откроет. Не может не открыть. Даже не думай... — Он приподнял лицо Лизи за подбородок: — А если что-то пойдет не так, то спасательные службы начнут нас искать буквально завтра же.

«Ни черта никто не будет нас искать, — подумал Дэйв, глядя женщину по волосам. — Ни мои работодатели, для которых я в отпуске, ни твоя мамаша в Канзасе, которой плевать. Никто...»

— Я боюсь, — всхлипнув, сказала Лизи. — Я очень боюсь. — В ее глазах начали набухать слезинки.

— Черт, — пробормотал Дэйв. — Милая, ну брось, ну не нужно плакать. Все будет хорошо. Честное-пречестное слово, — шептал он, покрывая лицо жены поцелуями.

Он целовал Лизи в мокрые глаза, в уголки губ, во влажные щеки, в макушку, а сам смотрел поверх ее головы, неотрывно смотрел в беспощадные и внимательные желтые глаза львиц.



С.В. Наугольных

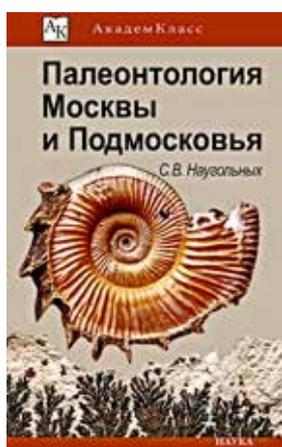
Встречи
с доисторическими
мирами
Наука, 2017



Авторы книги, известный российский палеонтолог Сергей Наугольных, приглашает читателей отправиться в далекое геологическое прошлое нашей планеты, в мир давно исчезнувших животных и растений. Книга написана увлекательно, легко и вполне доступно для неспециалистов. В ней много иллюстраций, на которых изображены представители фауны и флоры минувших геологических эпох, а также подводные и наземные ландшафты, существовавшие на нашей планете в различные периоды ее истории. Книга может быть интересна широкому кругу читателей, интересующихся историей жизни на Земле, старшеклассникам, их родителям и учителям...

С.В. Наугольных

Палеонтология Москвы
и Подмосковья
Наука, 2017



Книга российского палеонтолога Сергея Наугольных посвящена наиболее важным геолого-палеонтологическим памятникам Москвы и Подмосковья. Приведены сведения о географическом и стратиграфическом положении самых представительных геологических разрезов, которые могут посетить любители палеонтологии. Даны изображения различных представителей ископаемой фауны и флоры, встречающихся в Москве, Московской области и прилегающих регионах. В специальном разделе — рекомендации, как организовать геолого-палеонтологическую экскурсию, что надо знать и уметь юному геологу и его учителям



ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУКА

Издательство «Наука»

КНИГИ

В. Грумондз

История полетов
Наука, 2017



Почему воздушный шар взлетает? Что такое дирижабль? Какую роль сыграли в развитии воздухоплавания братья Райт, Циолковский и Сикорский? Как появились первые самолеты и ракеты? Что ждет человека на других планетах? Книга профессора, доктора физико-математических наук Валерия Грумондза рассказывает об основных этапах развития воздухоплавательной, авиационной и космической техники, о физических принципах устройства летательных аппаратов различных типов и о трудностях, которые приходилось и приходится преодолевать человеку в освоении нашего воздушного океана и космоса. Текст сопровождается замечательными иллюстрациями И. Смирнова.

Издательство НАУКА продолжает свои научно-популярные серии — и для детей, и для взрослых.

Приглашаем к сотрудничеству ученых и научных журналистов, готовых рассказать нашим читателям — в увлекательной и доступной форме — о самых важных и интересных проблемах современной науки, о том, что сегодня волнует общество и определяет пути развития нашей цивилизации

www.naukaran.com
secret@naukaran.com
opimah.Irina@naukaran.com



Художник И. Смирнов

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Групповой нарциссизм как подарок для дезинформатора

«Концепция ложных новостей стала основой политических дискуссий с момента избрания Дональда Трампа президентом США и уже привела к делегитимизации средств массовой информации. Понимание общего и различного в восприятии ложных новостей политическими группами поможет разработать стратегию снижения политической поляризации в наших демократических сообществах», — так сформулировали цель своего исследования доктор Крейг Харпер и профессор Том Багули из Ноттингемского университета, выступая с докладом на ежегодном собрании Британского общества психологов (агентство «AlphaGalileo», 1 мая 2018 года). А исследовали они восприятие ложных новостей либералами и консерваторами.

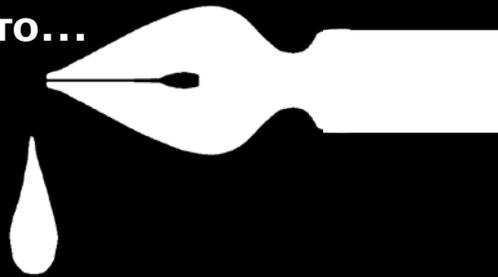
Всего было проведено три работы. В первой 722 американцев ознакомили с ложными статьями о Трампе и Обаме, причем про каждого там были как позитивные, так и негативные тексты. Участники знали, что новости ложные, тем не менее склонны были считать, что в хороших по отношению к любимому политику новостях есть-таки рациональное зерно, тогда как в плохих — ни слова правды. Во второй работе 570 англичан оценивали новости о выходе Великобритании из Евросоюза. Результат был аналогичным: люди считали более правдивыми те новости, что соответствовали их убеждениям. В третьей же работе авторы постарались выявить причину этого явления: 904 американцам с разным положением на шкале «либерализм-консерватизм» дали ознакомиться с двумя настоящими новостями. Одна была протрамповской, другая — антитрамповской. И оказалось, что либералы считали гораздо более правдивой антитрамповскую новость, а у консерваторов различие было статистически недостоверным.

Для объяснения этого феномена Харпер предложил концепцию «коллективного нарциссизма». Согласно ей, люди, включенные в группу, крепко верят в справедливость сформированного в ней мнения и поддерживают эту уверенность, проводя приятные для себя сопоставления с людьми, не входящими в группу. Поэтому оказавшиеся склонными к такому нарциссизму либералы, полагаясь на бытующие в их группе верования, и переоценили справедливость антитрамповской новости, тогда как консерваторы, более полагаясь на интуицию, нашли правду в обоих текстах независимо от их содержания.

«И либералы, и консерваторы любят ложные новости, когда они соответствуют их убеждениям. Однако их психологические портреты различаются. Первые ориентируются на групповые чувства, а вторые “спинным мозгом чувствуют” то, что считают правдой», — приходит к выводу Крейг Харпер.

С.Анофелес

Пишут, что...



...землетрясение 2017 года в Южной Корее, второе по мощности в новейшей истории страны, случилось из-за геотермального завода («Science», 2018, doi: 10.1126/science.aat6081, doi: 10.1126/science.aat6081)...

...превышения содержания примесных элементов с низким первым потенциалом ионизации в короне Солнца по сравнению с их обилиями в фотосфере тесно связаны с циклом солнечной активности и с вариациями топологии крупномасштабного магнитного поля («Астрономический журнал», 2018, 95, 4, 299—306)...

...во роны, страдающая от недостатка влаги в пустыне, склеивала лед с крионасоса детектора LIGO, который отслеживал гравитационные волны, и создавала необычные помехи (APR18 Meeting of The American Physical Society, Abstract:S14.00004, <http://meetings.aps.org/Meeting/APR18/Session/S14.4>)...

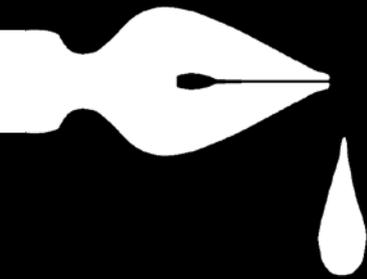
...новый стартап «Mammoth Biosciences» в США объявил своей целью проведение любых ДНК- и РНК-тестов методом CRISPR в амбулаторных и домашних условиях (<https://www.wired.com/story/a-new-startup-wants-to-use-crispr-to-diagnose-disease/>)...

...среднее содержание загрязняющих веществ в почвах и реках курортов Кавказских минеральных вод — такое же, как в крупных промышленных городах с критическим экологическим состоянием, то же можно сказать и о состоянии здоровья жителей («Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология», 2018, 2, 61—73)...

...исследована способность фильтраторов-фитофагов *Daphnia longispina* подавлять цветение в мелководных водоемах Московской области («Водные ресурсы», 2018, 45, 2, 164—170)...

...с помощью программы AllPred (<http://www-bionet.ssc.ru/psd/cgi-bin/programs/Allpred/allpred.cgi>), предназначенной для оценки аллергенности белков с учетом их пространственной структуры, предсказана аллергенность белков 462 видов архей и бактерий («Молекулярная биология», 2018, 52, 2, 326—332)...

...предложен способ сравнения двух оцифрованных экземпляров деловых документов на основе алгоритма распознавания



текста; его достоинства — универсальность и высокая точность сравнения, главный недостаток — зависимость от использованных гарнитур и размера шрифта («Сенсорные системы», 2018, 32, 1, 35—41)...

...миниатюрный сенсор в переднем зубе может передавать по беспроводной связи сведения о состоянии полости рта и о том, что человек ест («Advanced Materials», 2018, e1703257, doi: 10.1002/adma.201703257)...

...макароны в составе диеты с низким гликемическим индексом не вызывают ожирения и даже способствуют снижению веса («BMJ Open», 2018, 8: e019438, doi: 10.1136/bmjopen-2017-019438)...

...у кандидатов наук и магистрантов всего мира показатели депрессии и тревожности в шесть раз выше среднего — тревожность от умеренной до тяжелой более чем у 40%, депрессия почти у 40% («Nature Biotechnology», 2018, 36, 282—284, doi: 10.1038/nbt.4089)...

...создан камуфляж для инфракрасной области спектра, работающий по принципу кожи кальмара («Science», 2018, 359, 6383, 1495—1500, doi: 10.1126/science.aar5191)...

...экспериментально подтверждено, что викинги могли определять положение солнца в пасмурные дни с помощью «солнечных камней», поляризующих свет — кальцита, кордиерита или турмалина, — достаточно успешно, чтобы добраться из Норвегии в Гренландию и обратно («Royal Society Open Science», 2018, 5: 172187, doi: 10.1098/rsos.172187)...

...исследована ДНК из выгребных ям Северной Европы и Среднего Востока (500 г. до н. э. — 1700 г. н. э.), что позволило получить много информации о паразитарных заболеваниях, диете жителей и одомашнивании животных (PLoS ONE, 2018, 13(4): e0195481, doi: 10.1371/journal.pone.0195481)...

...численность зимующих на внутренних московских водоемах крякв коррелирует с покупательной способностью и благосостоянием горожан («Зоологический журнал», 2018, 97, 3, 309—320)...

...если освещать коровник ярким светом по 17 часов в сутки, то оплодотворяемость коров вырастет с 57 до 80% («Аграрная Россия», 2018, 2, 35)...



Художник Гариф Басыров

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Всё на борьбу со слухами

Слухи и сплетни, называемые по-современному ложными или фейковыми новостями, ныне разносят не беззубые старухи, про которых пел в 70-х Владимир Высоцкий, а вполне зубастые и упитанные молодые люди, порой за хорошую зарплату. И это обстоятельство сильно тревожит власти разных стран. С целью защиты европейских ценностей и демократии Европейская комиссия обнародовала доклад «Практический кодекс по дезинформации» (агентство «AlphaGalileo», 27 апреля 2018 года), фиксирующий нынешнее безрадостное состояние дел. Вкратце, получается опять-таки по Высоцкому: «Ходят сплетни, что не будет больше слухов, абсолютно! Ходят слухи, будто сплетни запретят».

Согласно докладу, раньше, когда доминировали бумажные СМИ, зависящие от продажи тиража, все приличные издания дорожили своей репутацией — подмочишь ее, потеряешь доход. Не так стало в информационную эру: выручка сосредоточилась в поисковых системах и у агрегаторов новостей, причем деньги идут не от читателей, а от рекламодателей. Соответственно, заботу о репутации сменило стремление к валу — числу посетителей на сайте, а само выставление статей подчиняется высокотехнологичным алгоритмам, чуждым морали. В результате возникает подобранный роботом набор из профессиональных газетных новостей, любительских постов и злонамеренной дезинформации. Конечно, добросовестный контент превалирует, но талантливо подготовленные слухи, бьющие на эмоции, быстро расходятся по социальным сетям, обеспечивая пусть кратковременную, но обширную аудиторию.

Можно ли противостоять этому злу? Пока — нет. Как показала работа Объединенного исследовательского центра Еврокомиссии, нужна детективная служба, оснащенная еще не созданным программным обеспечением и штатом работников высокой квалификации. Они должны ориентироваться в потоке новостей, отслеживать появление злонамеренных слухов, выявлять тех, кто их распространяет, и блокировать распространение на ранних этапах. Работа им предстоит колоссальная: только в Твиттере ежедневно вываливаются десятки миллионов свежих постов, и нужно потратить немало сил, чтобы просто выявить сообщества, причастные к фабрикации слухов, а как технически предотвращать информационные эпидемии, и вовсе неясно. Одно радует — читатели безответственных сетевых изданий все меньше доверяют им и менее охотно кликают на сенсационные заголовки, что пробуждают робкие надежды у ответственных бумажных СМИ вернуть утерянную аудиторию.

А. Мотыляев



Бессмертие не для рыжих

Люди не жаждут бессмертия...

Они просто не хотят умирать.

Станислав Лем. Из воспоминаний Ийона Тихого. II

Сергею СМЕРНОВУ, Томск: *Воронение, или оксидирование, металла производят как в щелочной, так и в кислой среде, а также в нейтральной при высоких температурах.*

Н.Е. ЛЕБЕДЕВОЙ, Санкт-Петербург: *Кератин как ингредиент смеси для выпрямления кудрявых волос, очевидно, безвреден — это тот самый белок, из которого состоят волосы, но эти смеси, насколько нам известно, содержат еще и формальдегид.*

В.А. АШИХМИНУ, Новосибирск: *Мыльный камень (видимо, от английского soapstone) — талькохлорит, он же стеатит; он, конечно, не мылится, а при строительстве бань его используют за способность аккумулировать тепло.*

А.Б. МОРОЗОВУ, Тула: *В Интернете довольно много определителей птиц, вот, например, хорошая подборка: <http://birdsmoscow.net.ru/qualifier.html>*

С.К. ПЕТРОВИЧ, Москва: *Чтобы вернуть жемчугу блеск, промойте его в слабом мыльном растворе, тщательно сполосните чистой водой и дайте высохнуть; незначительные загрязнения можно удалить, потерев жемчуг картофельным крахмалом.*

М.Н. ГАВРИЛЮК, Воронеж: *Австралийский орех макадамия в открытом грунте в нашем климате не выживет, но в комнатных условиях люди его выращивают, правда, получил ли кто-то плоды, мы не в курсе.*

Л.С. РОМАНОВОЙ, Липецк: *Томатного соуса табаско не существует, этот соус готовится из стручкового перца, который перетирают с солью и оставляют бродить в течение трех лет, а потом добавляют уксус.*

Доктору, электронная почта: *В пакетике с надписью «Электронный архив ХиЖ», который вы приобрели на выставке, лежит флеш-накопитель, в просторечии флешка; если нажать на выпуклость у края с дырочкой, то она раскроется, и вы увидите USB-разъем; попросите кого-нибудь показать соответствующее отверстие в вашем компьютере и подсоедините флешку, а дальше техника сама разберется.*

Грустно или весело, но с еще одной темой приходится понемногу прощаться фантастам — с темой бессмертия. Может быть, это прощание растянется еще на десятилетия или столетия — как с темой искусственного термояда или искусственного интеллекта, но тем интереснее посмотреть, как из мечты и кошмара она переходит в область научных изысканий и технологий.

Первым в литературе, вероятно, восстал против власти смерти над людьми Гильгамеш. Шумерский герой, пораженный смертью своего друга Энкиду, отправился на поиски цветка бессмертия. И он нашел его, но... змея съела цветок, сбросила кожу и уползла молодой. Вероятно, цветок был сорван с Древа жизни, до плодов которого не допустили Адама и Еву. Бессмертие ускользнуло.

Древние греки не очень жаловали бессмертие. Боги жили вечно, однако пример Сизифа и Тантала показывает, что вечность для человека — лишь прибавка к наказанию. Как в рассказе Роберта Шекли «Кое-что задаром» (1954), где вечная жизнь — вечная отработка долгов. Да и легенда об Агасфере рисует не слишком счастливую судьбу неистребимого скитальца. От «Вечного жида» Эжена Сю (1844–45) до Агасфера Лукича из «Отягощенных злом» братьев Стругацких (1989) бессмертие не гарантировало легких путей по тернистым дорогам истории.

Вероятно, первым писателем, реалистично подошедшим к проблеме бессмертия, был Джонатан Свифт. В третьей части «Путешествий Гулливера» (1727) герой попадает в страну Лаггнэгг и встречает струльдбругов, людей, которые живут вечно, при этом естественным образом старея и приобретая все пороки и болезни старости. Писатели выучили урок, и в дальнейшем бессмертие практически всегда сопровождалось омоложением или, по крайней мере, консервацией не слишком преклонного возраста.

Свою дань теме бессмертия отдала и Мэри Шелли, чей «Франкенштейн» (1819) многие считают первым научно-фантастическим романом. Рассказ «Смертный бессмертный» (1833) повествует о несчастном ученике алхимика, знаменитого Корнелиуса Агриппы (1486—1535), который нечаянно выпил эликсир бессмертия, изготовленный учителем. Утомленный тремястами годами юности, похоронивший состарившуюся любимую жену, он собирается в полярную экспедицию, чтобы избавиться от надоевшего дара судьбы — или вернуться героем.

Алхимики и врачеватели частенько наделяли вечной жизнью подопытных и пациентов. На историческую фигуру Амбруаза Паре, придворного врача при четырех королях (Генрихе II, Франциске II, Карле IX и Генрихе III), возложил Джеральд Керш вину за способность к регенерации героя рассказа «Что случилось с капралом Куку?» (1953). Этот эликсир позволил простоватому наемнику поучаствовать во множестве войн все четырехста лет до встречи с автором — и не стать при этом ни на йоту умнее.

Инопланетный эликсир помог дожить до наших дней соратнику Степана Разина в повести Кира Булычева «Марсианское зелье» (1971) и обзавестись друзьями из числа уважаемых граждан Великого Гусляра. Правда, действие эликсира приходилось подновлять, так что приключений с инопланетными ингредиентами бессмертия хватало. Возобновлять действие волшебного средства пришлось и персонажам романа «Хромая судьба» (1971—1982) братьев Стругацких.

Способы приобретения бессмертия делались разнообразнее с прогрессом науки. Писатели вслед за учеными начали скептически смотреть на человеческую природу, в то же время стали представимыми и другие средства достижения бессмертия. Например, в замечательном романе Клиффорда Саймака «Пересадочная станция» (1964) главный герой не стареет, когда находится в своем доме, превращенном в транспортный хаб Галактики. Отсюда следует, что бессмертным этой версии лучше быть по характеру домоседами. Однако и это не спасает от внимания окружающих — когда выписываешь «Сайентифик Америкен» больше ста лет, это неминуемо привлечет внимание редакции.

Тот же способ продления жизни — правда, с мистическим душком и ужасами в реализации — используют злодеи в дилогии современного автора Андрея Круза «Нижний уровень» (2014–15). В некоем параллельном мире, населенном чудовищами, люди перестают стареть. Впрочем, дорога в эту не очень приятную вечную жизнь открыта только для убийц.

Защита от течения времени необязательно может быть ограничена домом. Почему бы ей не идти по границе человеческого тела? В рассказе чеха Александра Ломма «Скафандр Агасфера» (1966) профессор Вальмоск создает генератор бессмертия.



Обработанный им нищий безработный Доризель Реджан становится неуязвимым для любых воздействий внешней среды. Он будет жить вечно. Но, отрезанный от внешнего мира, он начинает терять чувство времени и вскоре застывает как статуя, задремав, быть может, на тысячелетия в компании столь же бессмертных пса и kota.

Точно так же, получив из рук космических пришельцев бессмертие и неуязвимость, один из героев повести Евгения Филенко «Прикосновение» (1980) теряет интерес к миру. Его «скафандр» защищает от любых физических воздействий, однако не спасает от нравственных страданий. И, пережив смерть семьи от рук кровавых фанатиков, он уходит в океан, надеясь в его глубинах найти смерть или хотя бы покой. О том, что несчастным бессмертным придется скрываться от завидующих толп завидующих или ненавидящих их людей, рассказал в повести «Русский струльдбруг» (2006) Геннадий Прашкевич.

Другой вариант не слишком счастливого бессмертия описан в рассказе Джона Робинсона Пирса «Инвариантный» (1943). Герой наделяет себя способностью к абсолютной регенерации — по образцу саламандр. Однако он не учитывает, что эта регенерация включает в себя и нервные ткани, возвращающиеся к некому исходному состоянию.

В советской фантастике, после бурного взрыва 20-х годов, тема бессмертия громко не звучала. Герои «Лаборатории Дубльвэ» Александра Беляева (1938) занимаются всего лишь проблемами геронтологии, электростимуляции стареющей мозговой коры. О бессмертии и связанных с ним масштабных проблемах речи и не идет.

В середине 1950-х годов наступает «оттепель», и в фантастике усиливается интерес и к тому, что лежит за границами обычной человеческой жизни. Бессмертие теперь поднимало социальные проблемы. В сатирической повести Владимира Дыховичного и Мориса Слободского «Стакан воды» (1956) герои ищут человека, который выпил эликсир бессмертия. Не важно, что эликсира на самом деле не было, — реакция персонажей от этого не меняется. И в соответствии с канонами соцреализма бессмертие достается стахановцу и депутату Харитонову, способному — это юмористическая повесть, а не пародия — через министра связи помочь дозвониться в роддом своему избирателю и принимающему лишние 300 лет жизни как должное.

Существенно острее проблема практического бессмертия ставится в романе Георгия Гуревича «Мы — из Солнечной системы»

(1965). Писатель подступался к проблеме не сразу. Первоначальным наброском был научно-фантастический очерк «Сколько мы будем жить?» (1959). В романе найден способ полного копирования человеческого организма в момент смерти и воспроизведения исправленной копии. И тут возникает проблема. Записывать и воспроизводить всех поначалу невозможно. Сталкиваются позиции — воспроизводить тех, кто ценнее, у кого больше заслуг, или воспроизводить всех, дарить новую жизнь взамен старой в порядке живой — тут скорее мертвой — очереди. Симпатии автора понятны, выразитель его позиции, умирая, произносит: «Мне, если всем...»

Через десятилетие этот же вопрос поставил в рассказе «Шемптернин» (1975) замечательный венгерский писатель Лайош Мештерхази (в основном известный у нас по роману «Загадка Прометея»). Средство продления жизни найдено, и старый партийный деятель рассчитывает, что будет среди первых, кто им воспользуется. Его оппонент, человек другого поколения, высказывает сомнения. У него нет уверенности, что он сам, к примеру, достоин такого подарка.

Долголетие, бессмертие — как такие качества облегчили бы звездные перелеты на субсветовых скоростях! Изобретатель из рассказа Владимира Фирсова «Бессмертие для рыжих» (1969) и задумывал его для космонавтов. На Земле изобретение продления жизни породит множество проблем. Той же смены парадигм в науке, когда сторонники устаревшей парадигмы просто вымирают, обеспечивая научный прогресс.

Одним махом расправляется с этими проблемами герой первого романа Джека Макдевитта «Послание Геркулеса» (1986). Расшифровал межзвездное послание, в котором содержится и секрет продления жизни, и лекарство от всех болезней — то и другое способно вызвать социальный взрыв, — он просто распространяет по миру эту информацию и перекладывает решение проблем на тех, кто вообще-то брался их решать — на политиков.

Проблема бессмертия заключается не в самом бессмертии, считал Генрих Альтов. В его повести «Клиника «Сапсан»» (1967) герой, готовый рискнуть десятью годами жизни, научным успехом, своей человеческой судьбой ради проверки возможности необычайно продуманной концепции имморталистки, думает: «Какие же горы своротят победившие время люди?..» На этот вопрос ответят только они сами.

**Владимир Борисов,
Александр Лукашин**

21-я международная
выставка химической
промышленности
и науки

ХИМИЯ

ХИМИЯ

29.10–01.11.2018



**Иновации
и современные
материалы**



НЕФТЕГАЗОХИМИЯ



Startup ChemZone



Зеленая химия



Индустрия пластмасс



Химмаш. Насосы



Хим-Лаб-Аналит



**Салон защиты
от коррозии «Коррус»**



Реклама 12+



Организатор: АО «Экспоцентр»

При поддержке:

- Министерства промышленности и торговли РФ
- Российского Союза химиков
- ОАО «НИИТЭХИМ»
- Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
- Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
- РХТУ им. Д.И. Менделеева

Под патронатом ТПП РФ

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»