



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

6 / 2023





НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н. Стрельникова

Художники

А. Астрин, К. Гусалов,
А. Кук, Н. Колпакова,
П. Перевезенцев,
Е. Станикова, С. Тюнин

Редакторы и обозреватели

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

Сайт и соцсети

Д.А. Васильев

Сайт: hij.ru

Соцсети:

<https://dzen.ru/hij>
https://vk.com/khimiya_i_zhizn
<https://ok.ru/group/53459104891087>
https://t.me/khimiya_i_zhizn
twitter.com/hij_redaktor

При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь» обязательна

Адрес для переписки
119071, Москва, а/я 57

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

Подписано в печать 22.05.2023
Типография ООО «Экспокошта»
123001, Москва, 1-й Красногвардейский пр-д, д.1, с.7

Наши подписные агентства

«Почта России», индексы в каталоге П2021 и П2017
НПО «Информ-система», (495) 121-01-16, (499) 789-45-55
«Урал-Пресс», (495) 789-86-36
«Руспресса», тел. +7 (495) 369-11-22
«Прессинформ», +7(812) 786-58-29, +7(812) 337-16-26 г.
С-Петербург

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
рисунок Александра Кука

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
картина художника Макса Эрнста «От-
равленный рай». Как хочется получить
в руки чудесную и безопасную технологию,
но сколько на этом пути неожиданных
осложнений. Об этом читайте в статье
«Крах водородной мечты»

Пустота всегда агрессивна.

*Академик Д.С. Лихачев
(1906—1999)*

Содержание

Размышления

КРАХ ВОДОРОДНОЙ МЕЧТЫ? С.М. Комаров 2

А почему бы и нет?

ТЕСЛА И ТУНГУССКИЙ ВЗРЫВ. А. Херсонов 8

Живые лаборатории

ВЕЧНЫЙ ТОРФ. ПОЧЕМУ В БОЛОТЕ
НЕ РАЗЛАГАЕТСЯ ОРГАНИКА. Т. Чернов 14

Здоровье

А У НАС НОВЫЙ СТРЕСС. Н.Л. Резник 22

Дневник наблюдений

ШМЕЛИ ГОНЯЮТ МЯЧИК. Н. Анина 30

Расследование

ПАУЧЬИ СЕНСАЦИИ. Н. Анина 33

Панацея

ОСИНА — НЕ ТОЛЬКО ДЛЯ БОБРОВ. Н. Ручкина 34

Расследование

СЕРА ЗА КОНЯ. С. Кутейников 40

История современности

РАДИО И ЛЮБОВЬ. Л. Ашкинази 48

Фантастика

ПЛЕНИТЕЛЬНЫЙ ЗАПАХ КАРДАМОНА. А.А. Спивакова 54

Нанопанастика

МЕЛЬНИЦА. Т. Тихонова 64

Результаты: алгоритмы 12

Разные разности 26

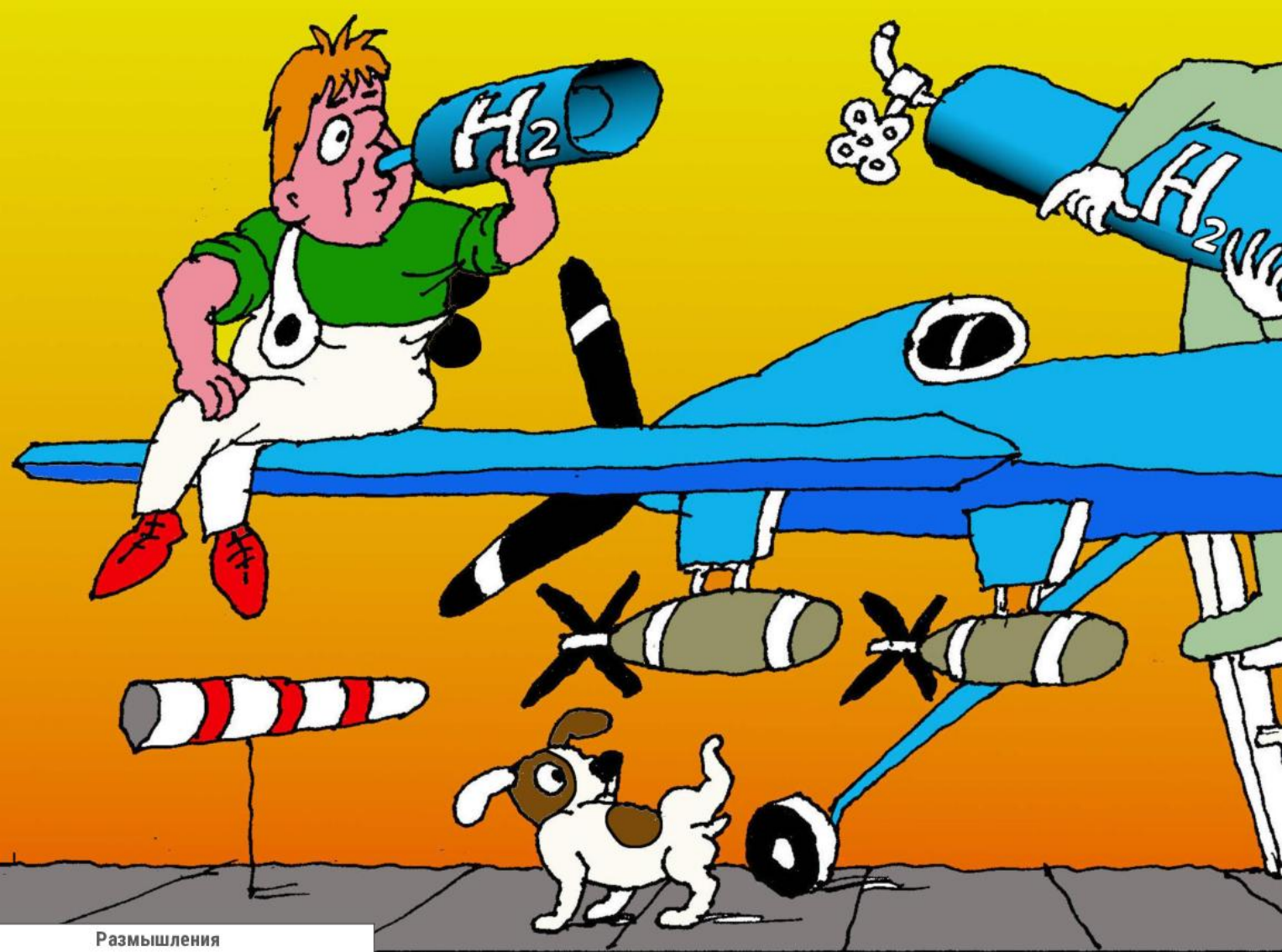
Результаты: роботы 37

Результаты: геофизика 45

Книги 61

Короткие заметки 62

Пишут, что... 62



Размышления

Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Крах водородной мечты?

Когда в августе 2021 года была принята Концепция развития водородной энергетики в РФ, предполагалось, что основную пользу от нее получают экспортеры водорода и технологий работы с ним. А основным потребителем виделись страны ЕС, ускоренно декарбонизирующие свои экономики в рамках Зеленой сделки. Отечественной экономике отводилась роль не пользователя, а, скорее, полигона для отработки водородных техно-

логий. С началом СВО стало очевидно, что ЕС проводит не просто декарбонизацию, а освобождается от вполне конкретных источников любой энергии, поступающей из РФ. Потому надежда на перспективный западный рынок водорода исчезла. А как теперь идет отечественная водородная программа? Речь об этом шла на X форуме «Композиты без границ» в московском Экспоцентре в конце марта 2023 года.

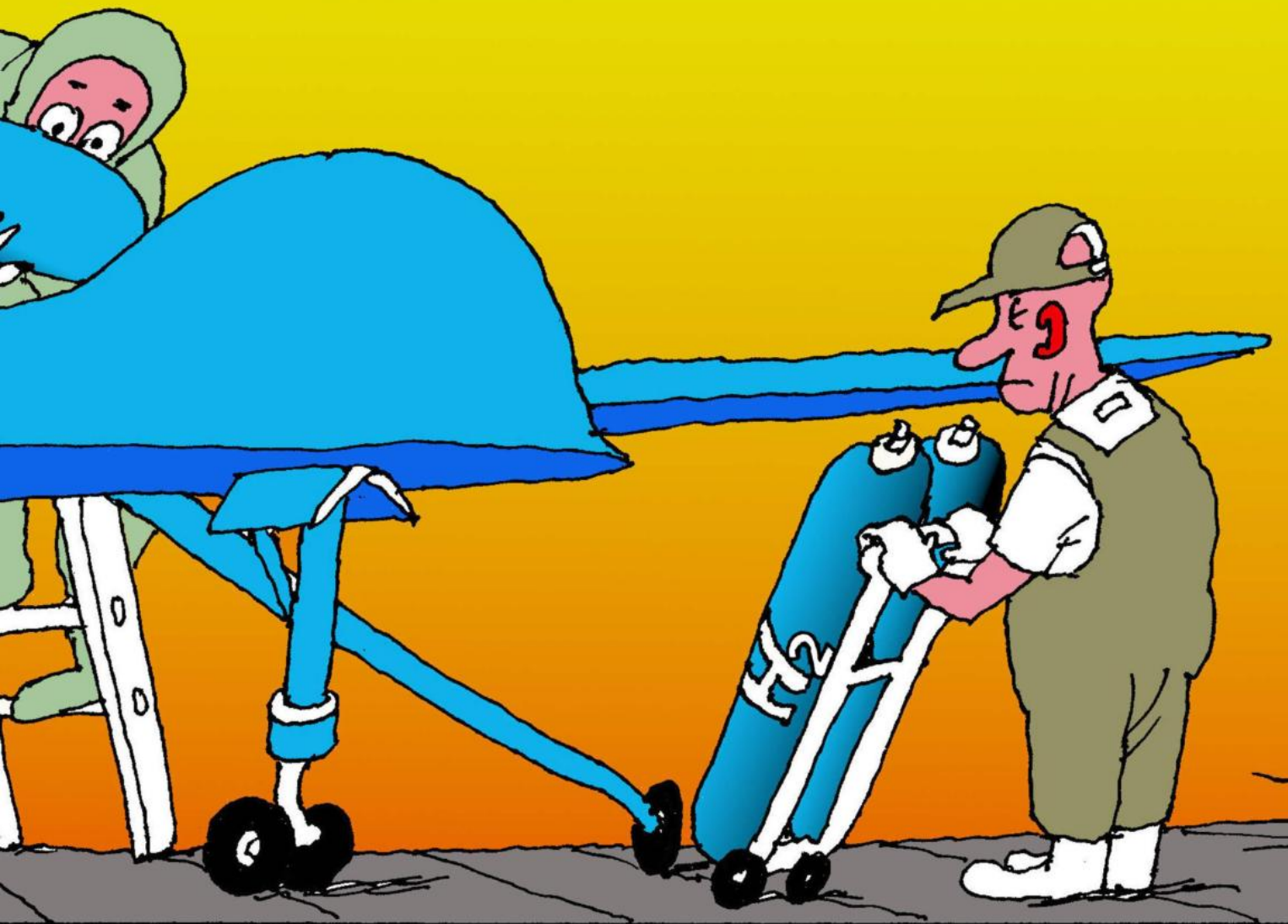


Иллюстрация Сергея Тюнина

Танцуем от сосуда

Казалось бы, какое отношение имеют композиты к водородной энергетике? А вот какое. Водород — один из самых легких и летучих газов. Поэтому возникает вопрос: если его использовать в качестве топлива для транспорта, то как его в этом транспорте хранить? Долгие годы ходили слухи, что использовать будут гидриды металлов, которые отдают водород при нагревании до высокой температуры. Однако, похоже, материаловеды так и не смогли подобрать вещества, способные удовлетворить запросы конструкторов.

Поэтому в повестке дня оказались сосуды высокого давления, которые выдерживают чудовищное давление в 700 атмосфер. Никакой металл на это не способен, поэтому приходится делать сложную оболочку для такого сосуда. Она состоит из слоя полимерных или углеродных волокон, намотанных в определенном порядке на тонкий алюминиевый или стальной сосуд и залитых пластиковым связующим: композит придает

прочность, металл — герметичность. Если все сделать правильно, подобрать качественный металл и составляющие композита, такой сосуд способен выдерживать заявленное давление, в чем изготовители убеждаются, по много раз тестируя свои изделия.

В принципе, способ изготовления сосудов высокого давления по такой композитной технологии не нов, однако никогда прежде не требовалось массово выпускать сосуды, рассчитанные на столь высокие давления. А те технологии, что используют для специфических целей, вроде космических, никак не рассчитаны на рыночные условия, потому что уникальные сосуды выходят очень дорогими.

Однако на самом-то деле пока что массового рынка нет, по крайней мере, в РФ, как нет и массового производства водорода, разве что для нужд химической промышленности. В результате разработчики должны создавать рыночную технологию изготовления сосудов высокого давления, не имея рынка и не очень понимая, кто будет покупателем их продукции даже в ближайшем будущем, не то что в отдаленной перспективе.

Трудности проектирования

А в самом деле, кто он, этот покупатель сосудов с водородом? Если считать, что водородная энергетика призвана обеспечить безуглеродным топливом прежде всего транспорт (о применении водорода для отопления домов пока что говорят больше мечтатели), то в РФ имеется три ниши. Первая — это водородные поезда. Их создают в рамках проекта Сахалинского водородного кластера, формированием которого руководит компания «Росатом Оверсиз». Напомним суть истории.

На Сахалине и в Охотском море имеются большие запасы природного газа. Его сжижают и по большей части отправляют на экспорт в Корею, Японию, КНР, во Вьетнам. С началом зеленого перехода и всеобщей водородной энергетики возникла угроза этому экспорту. Тогда-то и появилась идея получать водород паровой конверсией метана, а образующийся при этом углекислый газ складировать в различных полостях земли, которых на Сахалине имеется изрядно. Такой водород можно попытаться выдать за «зеленый», поскольку при его производстве действительно нет выбросов углекислого газа в атмосферу. Водород, сделанный из метана, оказывается самым дешевым, менее 2 долларов за килограмм, да и потери энергии выходят меньше, чем если этот же природный газ сжечь, выработать электричество и получить водород электролизом воды. Сделать электролизный водород сейчас стоит 6 долларов за килограмм.

Однако хоть такой водород — предмет высокотехнологичного производства, все равно получается торговля сырьем, от чего страна хочет уйти. Поэтому придумали идею пустить водород на благо транспортной инфраструктуры острова. Если не использовать в качестве топлива для локомотива ни уголь, ни электричество от контактного провода, то водород оказывается не таким уж плохим выбором. В результате же удается убить одним выстрелом целых трех зайцев: обеспечить развитие региона, дать гарантированный сбыт для продукции водородного завода, отработать технические решения по водородному железнодорожному транспорту, которые можно будет продавать всем желающим приобщиться к зеленой повестке.

Как это было совсем недавно принято в рамках концепции энергетической сверхдержавы, в проекте Сахалинского кластера имелся западный партнер — одна из крупнейших мировых компаний по производству технических газов «Air Liquide» со штаб-квартирой в Париже. Однако после февраля 2022 года она вышла из проекта, и теперь отечественным участникам приходится обходиться своими силами с привлечением инженеров из дружественной КНР. С сентября 2022 года в разработке проекта завода участвует Китайская энергоинжиниринговая компания, которая в будущем станет этот водород покупать. Впрочем, специалисты считают, что замена стратегического партнера не скажется на сроках ввода проекта в действие: производство и отгрузка водорода начнется в 2025 году, тогда же пойдет и первая водород-

ная электричка. Вот для локомотива этой электрички и понадобятся баллоны высокого давления с водородом.

Сложное сжижение

А почему не жидкий водород? Тут есть несколько нюансов. Первый из них — получить жидкий водород не просто. Дело в том, что при температуре —240°C и давлении 13,3 МПа он переходит в сверхкритическое состояние. То есть сколько его ни сжимай при комнатной температуре (а так получают жидкие углекислый газ, пропан, бутан, хлор, аммиак), в жидкость он не обратится. Поэтому надо водород охлаждать.

Однако охлаждают газ также за счет сжатия и последующего расширения в специальных устройствах — детандерах, которые в СССР разрабатывал академик, нобелевский лауреат П.Л. Капица. Для азота, наиболее часто используемого в технике, эту процедуру проводить относительно легко — у него критическая точка -147,1°C. А водород приходится охлаждать гораздо дольше азота, то есть использовать больше циклов работы детандера, и каждый новый градус дается со все большим трудом.

Сейчас промышленного производства жидкого водорода и готовых технологий для этого в РФ нет. Однако не все потеряно. Как оказалось, в СССР были созданы неплохие технологии по сжижению водорода для программы многоразового космического корабля «Буран». Более того, участвующие в этих разработках инженеры не только живы, но и находятся отнюдь не в преклонном возрасте. Их и хотят привлечь для создания коммерческой аппаратуры сжижения на водородном заводе Сахалинского кластера.

Другой нюанс — сам по себе состав водорода. Его молекула двухатомна, стало быть, у ядер составляющих ее атомов, в соответствии с принципом Мэрфи, может быть два состояния: спины направлены в одну сторону (ортоводород) и в противоположные (параводород). При комнатной температуре в природном водороде на последний приходится 20%. А в криогенном водороде его должно остаться не более 0,1%.

Так, казалось бы, достаточно абстрактное спиновое свойство стало предметом внимания инженеров-энергетиков: лишний параводород переходит в орто-, и при этом выделяется энергия перехода — жидкий водород сам собой нагревается и испаряется. Процесс превращения параводорода в орто- идет не быстро, со скоростью 1% в сутки. Для инженера это значит, что хранить водород в открытом сосуде Дьюара нельзя. Но и закрывать не просто, ведь по мере скопления газа в сосуде станет расти давление. В принципе, в технологическую цепочку сжижения можно встроить катализаторы, ускоряющие переход, и такие катализаторы имеются.

Как бы то ни было, пригодных для коммерческого использования емкостей для хранения жидкого водорода в РФ тоже нет, а те, которые может делать завод Криогенмаш, специализирующийся на разработках для космоса, оказываются совсем не дешевы.

Есть еще один способ, когда жидкий водород при неэкстремальном давлении сжимают до высокой плотности. Такое устройство хранения выглядит как сосуд высокого давления, помещенный в термос. Очевидно, что ему не сильно угрожают последствия орто-пара перехода, поэтому отечественные разработчики сосудов высокого давления задумываются о такой технологии хранения.

Интерьер для баллона

Впрочем, жидкий водород, скорее всего, послужит не для прямого использования, а для длительного хранения и перевозки в больших объемах, например в огромных криогенных контейнерах для морских судов. А в технической реальности для конечного потребителя есть только баллонный водород. И в этом случае помимо самого баллона требуется арматура — вентили, насадки, гайки, трубочки, манометры и прочее. Все это должно быть предназначено именно для работы с водородом, который, во-первых, обладает фантастической способностью просачиваться сквозь любые преграды, а во-вторых, вызывает водородное охрупчивание металлов. То есть из абы какого сплава вентиль не сделаешь: его устойчивость к охрупчиванию должна быть доказана или хотя бы определен ресурс безопасной работы. Получается не товар широкого потребления, а специфический продукт маломасштабного высокотехнологичного производства.

Поставкой таких важных мелочей обычно ведают, так сказать, системный интегратор, инжиниринговая компания. Однако эта компания как раз ушла из проекта, и получается, что подбор, а то и изготовление таких деталей кто-то должен взять на себя. Непонятно кто: изготовитель баллонов, плохо знающий требования будущего потребителя, или разработчик транспортного средства, не очень понимающий специфику баллона. Эти проблемы: сжижение водорода, монтаж водородного источника в локомотив, организация заправки и хранения водородных баллонов, обеспечение взрывобезопасности всей системы — и станут решать создатели кластера в ближайшие два года. Ну и, разумеется, получение водорода из метана. Этот завод пока существует по большей части на бумаге. Еще в феврале 2022 года планировалось только начать предварительные проектно-инженерные работы, но делать это предполагалось силами компании «Air Liquide», а она из проекта вышла.

Помимо водорода будущему сахалинскому поезду потребуются топливный элемент, превращающий водород в воду и электричество. «Химия и жизнь» про такие элементы рассказывала не раз, но за последние два десятка лет, а то и больше, дело с места не сдвинулось. Как использовали в таких элементах дорогущую мембрану с платиной, так и не могут ее ничем заменить. Как надо было элемент выбрасывать (отправлять на утилизацию) через два года, так получается и сегодня: заявленный ресурс лучшего топливного элемента 5 тысяч часов, то

есть 1,7 года при ежедневном использовании в течение 8 часов.

Создатели водородного транспорта живут мечтами, что ресурс элемента вот-вот достигнет 20 тысяч часов, а это как раз ресурс самого локомотива, но на чем строится их оптимизм, не очень ясно. А менять топливный элемент — занятие совсем не дешевое.

Впрочем, вся водородная энергетика не дешева. Более того, как говорят специалисты, с точки зрения бизнеса она кажется безумием и привычные подходы здесь не работают. По их мнению, гораздо дешевле, безопаснее и полезнее, раз уж нет возможности протянуть контактный провод, было бы установить на электричках высокотемпературный твердооксидный топливный элемент и пустить метановые поезда, все оборудование для этого имеется.

Однако задача состоит не в экономии средств, а в том, чтобы не отстать, принять участие в процессе водородной декарбонизации. А для такого участия нужно накапливать опыт работы именно с водородом, то, что ныне называют компетенциями. Понятно, что приобрести такой опыт можно только в реальной работе в рамках кластера. Вот и приходится создателям кластера идти против экономической логики, осуществляя длительные вложения в специалистов, технологии, оборудование с весьма туманной перспективой когда-нибудь покрыть затраты.

Полезный водород

А где может пригодиться водородный транспорт без нарушений законов экономики? В двух оставшихся нишах. Первая из них — места, где использование транспорта с двигателем внутреннего сгорания ведет к недопустимому загрязнению атмосферы. Речь идет о работе в закрытых помещениях или там, где есть трудности с вентиляцией. Первый случай — это склады. Там сейчас используют электропогрузчики, которые работают на аккумуляторах. Аккумуляторы надо заряжать, а поскольку они не съемные, то погрузчик на время зарядки простаивает, зарядка же длится часы. Если склад работает круглосуточно, такие простои приносят убыток.

Вот здесь замена аккумулятора на топливный элемент и водородный баллон оказывается прекрасным выходом из положения: сменил баллон за несколько минут и нет никакого простоя. А выхлоп — чистейший водяной пар. Российская промышленность такие погрузчики не выпускает, а китайцы, да и не только, — вполне. Получается, что складской сектор оказывается неплохим рынком для сбыта водорода и устройств его хранения.

Второй же случай интереснее — это карьеры. В глубоким карьере скапливаются выхлопные газы работающей там техники, что никак не способствует соблюдению норм охраны труда. Однако проблему можно решить водородом, и за это дело взялся «КамАЗ». В этой компании разрабатывают водородный транспорт для таких

работ, например карьерные самосвалы. Несомненно, эта техника будет востребована на рынке и создаст еще одно направление сбыта для отечественной баллонной промышленности. Конечно, если разработчики автомобилей пригласят к сотрудничеству создателей баллонов высокого давления.

Еще одно место, где нужно сокращать объем загрязнения выхлопными газами, — города, особенно крупные. На фоне миллионных потоков личных машин с двигателями внутреннего сгорания на их улицах не очень понятно, какой вклад в снижение уровня загрязнения воздуха вносят тысячи электробусов, но считается, что перевод общественного транспорта на зеленое топливо — дело полезное для здоровья горожан. Например, власти Москвы избавились от троллейбусов с их контактным проводом, который мешает движению автомобилей, и покупают электробусы, самая свежая покупка начала 2023 года — одна тысяча электробусов у КамАЗа. А инженеры КамАЗа считают, что электробусы — это лишь шаг в переходе к водородному общественному транспорту, и готовят проект водородного автобуса.

Логика тут такая. Во-первых, водород, полученный конверсией метана, относительно дешев и дает больше энергии в расчете на единицу массы, чем тот же метан, сгоревший на электростанции. Неудивительно, что если сжечь метан, превратить его энергию в электричество, а потом этим электричеством разложить воду, то такой водород выйдет гораздо дороже первого, конверсионного. Кстати, получение электроэнергии от возобновляемых источников сути дела не меняет: не секрет, что эта энергия дороже той, что получена на тепловой станции при сжигании все того же метана. Метана в РФ очень много, поэтому нет никаких проблем обеспечить всех дешевым водородом. В ЕС идеология не позволяет использовать водород, сделанный из российского метана, а отечественного потребителя волнует цена топлива, а не источник.

А во-вторых, удельная весовая плотность водородной энергии, особенно в баллоне 700 бар, заметно больше, чем таковая же у литиевого аккумулятора. При этом не надо тратить время на зарядку водоробуса: поменял баллон, и можно снова выходить на линию. Эти соображения, а также записанное в водородную программу решение обеспечить в стране одну тысячу водородных заправок к 2030 году, к которым должны прилагаться потребители водорода, делают неизбежным перевод части общественного электротранспорта не на аккумуляторное электричество, а именно на водород.

Почему общественного? Потому что личный водородный транспорт пока что отсутствует и к 2030 году вряд ли появится в сколько-нибудь заметном количестве. Хотя из соображений энергетической инфраструктуры распределять водород через систему складов водородных баллонов гораздо проще, чем размещать электрические зарядки для электромобилей на парковках с учетом дефицита парковочных мест в мегаполисах.

Водород в воздухе

Есть еще одна интересная ниша, о которой разработчики отечественной водородной энергетики в своих сообщениях не упоминают. Это беспилотная авиация как гражданского, так и боевого назначения. Так уж исторически сложилось, что значительная ее часть оснащена электрическими двигателями. Соответственно, дальность и длительность полета, а также вес переносимого груза определяются зарядом, который способен накопить аккумулятор. И если для электробуса не особенно важно, сколько весит аккумулятор, то для летательного аппарата этот параметр критичен: чем больше удельная энергия, приходящаяся на единицу веса аккумулятора, тем дольше полет или больше вес полезного груза. И вот тут водородный баллон оказывается вне конкуренции.

Водородные беспилотники уже имеются, от небольших, размером с огнетушитель (собственно, таков примерный размер небольшого водородного баллона), до значительных, с легкомоторный самолет. Такой беспилотник, номинально предназначенный для обслуживания аграриев или инспекции трубопроводов, может по полдня парить в небе и если не опрыскивать поля, то выполнять задачи по прямому назначению — проводить разведку позиций противника, наводить артиллерию, а то и самому доставлять боеприпас к цели. При этом каждый лишний час пребывания в воздухе, каждый лишний километр, преодолеваемый ударным беспилотником-камикадзе, существенно меняют ситуацию на линии фронта.

Не секрет, что начиная с азербайджанской кампании в Нагорном Карабахе 2020 года, применение боевых беспилотников растет невероятными темпами, а идущая СВО прямо-таки вызвала взрывной рост производства беспилотников всех размеров, которые тысячами, а по некоторым данным, уже сотнями тысяч направляют на фронт все противоборствующие стороны. Фактически на наших глазах созданы массовый рынок беспилотной авиации и новая отрасль промышленности, заполняющая рынок изделиями.

Отечественные материаловеды, глядя на этот рынок, уже потирают руки в предвкушении массовых заказов. Еще бы, ведь здесь очень важны легкие, прочные и жесткие материалы, а это именно те композиты, изготовители и разработчики которых лишились всего в 90-е годы в ходе краха советской авиационной промышленности. Очевидно, что беспилотники могут стать массовым потребителем не только композитов, но и водородных баллонов разного размера, равно как и немалых объемов самого водорода.

Интересно, что удрона-камикадзе баллон с неизрасходованным за полет водородом может оказаться неплохой добавкой к разрушительной силе самого несомого боеприпаса. Все-таки, имея способность формировать гремучую смесь при разрушении беспилотника, водород оказывается мощной и недорогой взрывчаткой.

Сейчас на фронте нет водородных беспилотников, видимо, оттого, что нет водорода для их заправки в отличие от электричества для зарядки аккумуляторов. Однако походный электролизер — дело наживное, он появится, как только солдаты на передовой осознают преимущества водородного беспилотника над аккумуляторным. Появились же в частях боевые 3D-принтеры для изготовления оснастки к дронам, хотя совсем недавно никто бы не подумал, что этот прибор окажется востребован ничуть не меньше, чем тепловизор.

Бесполезный водород

По мере своего развития водородная энергетика привлекает все больше специалистов, которые хотят понять все нюансы водорода как нового вида топлива. Помимо уже перечисленных трудностей, порой исследования нюансов использования водорода как энергоносителя добавляют пессимизма. И речь идет вовсе не о пресловутой взрывоопасности. Оказывается, водороду можно нанести удар под дых именно как средству борьбы с парниковым эффектом. Суть рассуждения такова.

Водород обладает такой проникающей способностью, что при всех мерах предосторожности его утечки будут неизбежны. По имеющимся достаточно приблизительным расчетам, в атмосферу будет утекать от 2 до 10% от объема производства. А водород пусть не прямо, но косвенно участвует в глобальном потеплении. Исследователи пока не сошлись во мнениях о его потенциале глобального потепления. Например, в 2021 году его оценивали в 3,3 раза выше, чем у такого же количества углекислого газа, а в 2022 году оценка скакнула до величины аж в 11 раз больше. В результате, не исключена ситуация, что, кроме очистки атмосферы городов от выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания, никакой другой пользы переход на водородное топливо не окажет, а глобальное потепление пойдет своей чередой.

Посчитаем. Возьмем автомобиль «Toyota Mirai», серийно выпускаемый с 2013 года. Он расходует 5 кг водорода на 350 км. На эти 5 кг, если исходить из оценок, приходится от 100 до 500 г утекшего в атмосферу водорода. Дизельный автомобиль при отечественном нормативе выбросов 132 грамма CO_2 на 100 км за путь в 350 км выбросит 462 грамма CO_2 . Делим это число на 11 и получаем, что водородный эквивалент этого выброса всего 42 грамма. Выходит, что вклад в парниковый эффект у водородного автомобиля в лучшем случае в 2, а в худшем в 11 раз больше, чем у сравнимого автомобиля с дизельным двигателем. Даже если свежая оценка потенциала глобального потепления водорода, 11 раз, завышена и надо брать значение в 3,3 раза, то все равно ситуация качественно не меняется: водородный эквивалент выброса дизельного автомобиля будет 140 грамм и только при минимальных утечках водородный автомобиль окажется несколько лучше дизельного

Такие соображения заставляют задуматься: а точно ли надо в рамках декарбонизации идти по тернистому пути именно водородной энергетики с ее проблемами взрывобезопасности, отсутствия рынка, инфраструктуры распределения, неэффективности производства зеленого водорода и его использования как энергоносителя? Ведь есть и другие пути.

Самый простейший, когда для топлива есть вся необходимая инфраструктура производства и распределения, а также есть массовый потребитель, — изъятие углекислого газа из атмосферы и превращение его в синтетическое топливо с использованием возобновляемых источников энергии. Этот путь не дешев, хотя затрат гораздо меньше, чем на создание с нуля водородной инфраструктуры, но углекислый газ гарантированно попадает в замкнутый цикл, и его содержание не растет.

Если речь идет о чистоте выхлопа, а возобновляемые ресурсы энергии избыточны, как в Восточной Сибири с ее каскадами ГЭС, то отличным энергоносителем оказывается алюминий (см. «Химию и жизнь», 2008, 3). Создание инфраструктуры для распределения алюминиевого топлива не требует особых затрат, а вот взрывоопасность отсутствует, что сводит на нет угрозу серьезных инцидентов прежде всего в крупных городах, где в случае взрыва водорода может быть много жертв.

Существует еще и довольно экзотический, но от этого не менее интересный транспорт на жидком азоте (см. «Химию и жизнь», 2017, 3). Интересен он тем, что вписан, так сказать, в криоазотную электроэнергетику, когда избыточная энергия возобновляемых источников хранится в виде жидкого азота, а сам этот азот идет не только на последующую выработку энергии, но и на обеспечение работы сверхпроводящих кабелей и других подобных устройств, качественно снижающих потери электричества и дающие другие интересные преимущества вроде возможности использования земли, на которой сейчас расположены высоковольтные линии, так называемая полоса отчуждения. Эта криосистема уже развивается, и появление такой азотной инфраструктуры делает возможным всерьез рассматривать азотный транспорт с вполне «чистым» выхлопом.

Не исключено, что, если бы в алюминиевую энергетику, в проекты по изъятию углекислого газа из атмосферы, криогенную энергетическую инфраструктуру вложили средства, сопоставимые с теми, что идут на водородную энергетику, прогресс в них был бы более заметен. Почему ЕС выбрал водородное направление, понятно — у его стран нет значительных источников углеводородов, но есть зеленая энергетика, с которой надо что-то делать. Зачем к этому проекту подключаются страны, обладающие избытком всех видов энергоресурсов, менее понятно. Конечно, идея не отстать от заданного ЕС мирового тренда и надеяться на будущие продажи технических решений имеет право на существование. Однако кто знает, не могли ли принести больше доходов альтернативы, упущенные при таком однобоком подходе.



© ro: United Archive / picture alliance

А почему бы нет?

Александр Херсонов

Тесла и Тунгусский взрыв

Сто пятнадцать лет тому назад, 17 июня 1908 года, в Сибири случилась катастрофа, которую назвали «падение Тунгусского метеорита». Загадка этой катастрофы не перестает волновать энтузиастов. И время от времени в их размышлениях всплывает имя Николы Теслы. С чем это связано?

Прямая передача

В 1893 году под руководством Николы Теслы проходит монтаж освещения для всемирной выставки в Чикаго. Тесла устраивает потрясающее шоу: пропускает через себя без вреда для здоровья ток под напряжением в 2 миллиона вольт. И шокирует публику заявлением: «Энергию лучше всего передавать, отражая от земли и ионосферы».

Я могу объяснить многое, но не могу объяснить того, как работает мой мозг. Ответы на одни вопросы я получаю путем долгой мыслительной работы. Я в первую очередь мыслитель и только во вторую экспериментатор.

Из дневника Николы Теслы

Для реализации этого проекта летом 1901 года на нью-йоркском острове Лонг-Айленд Тесла задумал построить специальную башню, названную «Ворденклиф». Это была махина, 57 метров которой находилось над землей и 37 метров под ней. Венчал башню 55-тонный купол диаметром в 21 метр. Предполагалось, что с ее помощью удастся передать сообщения через океан, то есть из Америки в Англию, причем используя

◀ На месте тунгусского события есть участки обгоревшего, но не поваленного леса, как будто в него попала гигантская шаровая молния

не радиосигнал, а гипотетическую способность Земли переносить электрический ток.

Соображения были такие. Тесла скептически отнеся к открытию волн Герца, ныне известных как радиоволны: он посчитал, что эти волны, как и лучи света, распространяются только прямолинейно, а, значит, передавать с их помощью энергию и информацию возможно только в пределах прямой видимости. Что же касается Земли, то, воздействуя на нее переменным электрическим полем с определенной частотой, Тесла рассчитывал попасть в резонанс с собственным электрическим полем планеты, получить стоячую электрическую волну и с ее помощью творить чудеса.

Первые опыты он провел в Колорадо-Спрингс, где сумел зажечь электрический свет на расстоянии от своей лаборатории и планировал поставить в Нью-Йорке более масштабный эксперимент. При этом Тесла думал передавать не только информацию, но и электрическую энергию в промышленных масштабах, причем черпая ее за счет резонанса практически из самой Земли. Увы, идея и помешала проекту.

Трудности финансирования

Главным инвестором проекта был миллионер Дж. П. Морган; он выделил на создание Нью-Йоркской станции беспроводной связи 150 тысяч долларов, или три миллиона, если пересчитать в нынешние деньги. Тесла убедил Моргана в перспективности своей идеи, поскольку, мол, Гульельмо Маркони и другие сторонники радиосвязи ничего не добьются, да и патенты у них нехороши, в общем, они все Тесле не конкуренты. Однако Маркони демонстрировал все большие успехи, увеличивая расстояние между приемником и передатчиком, причем уже за линией горизонта. В этой ситуации Тесла решил предложить Моргану более масштабный проект: передавать без проводов не только информацию, но и энергию.

Следует заметить, что Дж. П. Морган был акционером первой в мире Ниагарской ГЭС, а также медных заводов, столь необходимых для производства проводов. В случае удачи Теслы весь нарождающийся рынок торговли электроэнергией мог бы рухнуть. Осознав это, Морган в финансировании отказал. Более того, он предостерег других инвесторов от продолжения проекта, к тому же в 1903 году разразился финансовый кризис. В мае 1905 года патенты Теслы на двигатели переменного тока и другие методы генерации электроэнергии истекли, и он перестал получать гонорары. В общем, на окончание строительства башни средств не нашлось.



Фото: The Granger Collection

▲ Никола Тесла рядом с одним из своих электрогенераторов, 1895 год



Фото: Granger/TASS

▲ Башня «Ворденклифф» для беспроводной передачи на большие расстояния электрических сигналов и электрической энергии была уже построена, оставалось закончить монтаж купола, но в это время финансирование проекта прекратилось. Купол так и остался недоделанным: удалось смонтировать только его каркас. Интересно, что точка, где произошло тунгусское событие, находится практически точно с противоположной стороны Земли от башни: их разделяют 174° земного шара.



▲ Участники экспедиции 1989 года, патентовед из Восточного Казахстана Марина Абдульменова и инженер-электромеханик из Новосибирска Наташа Яшкова, исследуют деревья, сохранившиеся со времени взрыва. Впрочем, многолетние работы так и не позволили установить причину взрыва

Заявить о себе

Историки науки оценивают 1905—1907 годы для Теслы как «отчаянные». Вот что он сам пишет в своих дневниках: «Морган прекратил финансировать проект в сентябре 1902 года, когда башня была построена и установлен купол. Оставалось только смонтировать оборудование, и можно было приступить к работе. Я остановился в шаге от вожаемой цели! Можете себе представить мое отчаяние и мое негодование!»

Изобретатель не получил всемирной известности и лавров гения, которые вполне заслужил за разработку передатчика энергии. В те годы возвысился злейший конкурент Теслы — Маркони, а странный, опасный и отверженный Тесла остался не у дел. Его лишили поддержки, замучили судами за растраты чужих денег. Мир катился к войне, и это заставило Теслу задуматься над применением изобретений в военных целях.

Есть мнение, что обиженный обществом Тесла решил напомнить о себе. Громко напомнить! Весной 1908 года он пишет отчаянное письмо редактору газеты «Нью-Йорк Таймс», где признается: «Относительно проецирования волновой энергии на любую отдельную область земного шара... Это может быть выполнено моими устройствами». И уверил: «Место, на которое требуется провести воздействие, может быть вычислено очень близко, если принимать правильные земные размеры». Сегодня подобные воздействия называют «точечными ударами».

Показательно, что 21 апреля 1908 года, за два месяца до Тунгусского события, следует повторное письмо редактору. Публикуется статья, где вновь повторяется идея «относительно разрушения элек-

трическими волнами». В письме значится: «Когда я говорил относительно военных действий в будущем, я подразумевал, что они должны быть напрямую связаны с применением электрических волн без использования воздушных двигателей или других орудий разрушения». Тесла уверял редактора: «Это — не мечта. Даже теперь могли бы быть построены беспроволочные энергетические установки, под действием которых любая область земного шара была бы превращена в непригодную для проживания, не подвергая население других частей серьезной опасности или неудобству».

И невероятное вероятно

Тесла во всеуслышание заявил о возможности осуществления того, что в начале XX века казалось немислимым; сейчас это называют оружием массового поражения. Но кто же поверит на слово? А что, если Тесла от слов перешел к делу? Интересно, что за год до этого взорвался, как казалось, беспричинно, французский корабль «Iena». Вот что писали газеты: «12 марта 1907 года, между 1:35 и 2:45, на стоящей в доке «Йене» внезапно произошла серия мощных взрывов. Начавшиеся с небольшой детонации в каземате 100-миллиметрового орудия номер 5, взрывы полностью разрушили корабль и док вокруг».

Вот так, из всей этой предыстории возникает предположение, что год спустя Тесла выбрал глухой район российской тайги и беспроволочно перенес энергию за многие тысячи километров из США. Это закончилось рукотворным взрывом, какого не знало человечество. Мощность в 10—5 мегатонн тротила слизнула как корова языком 2 тыс. квадратных километров тайги в районе рек Подкаменная и Валунная Тунгуска. Интересно, что сообщение об эксцессе в Сибири было опубликовано за полгода до происшествия в одной из мелких газет, выходивших в пригороде Нью-Йорка — там предсказывалось катастрофическое выделение энергии, которое должно произойти в небе над Тунгуской.

Известно, что за несколько дней до события в небе Тунгуски наблюдали свечение, какие-то странные явления. Метеорит таких эффектов не производит, но если это был опыт Теслы, то ученый мог постепенно наращивать энергию и тогда явления в атмосфере неизбежно появятся. Ведь для передачи энергии он использовал в качестве волновода пространство между ионосферой и поверхностью планеты. В наше время экспедиция научного объединения «Космопоиск» обнаружила в центре Тунгусского «взрыва» стоящие деревья, которые выглядели как подвергшиеся ожогу шаровой молнии.

А что же стало с башней?

К 1902 году было возведено основное кирпичное здание лаборатории, а над ним деревянная башня высотой 57 метров. На этой башне начался монтаж

гигантского сферического купола из стальных, а может быть, и медных деталей. До конца это сооружение доведено не было, на старых фотографиях виден лишь каркас купола.

Несмотря на то что стройка так и не была закончена, возможно, кое-что сделать Тесле все-таки удалось. Летом 1903 года, когда произошел окончательный разрыв с Морганом, нью-йоркские газеты писали, что в течение нескольких ночей башня озарялась таинственными яркими всполохами.

Башня простояла до июля 1917 года, когда ее взорвали и к сентябрю окончательно разрушили. Версий взрыва две, и обе грешат противоречиями со здравым смыслом. Согласно первой, так пытались покрыть долги Теслы, однако получившийся металлолом удалось продать всего за 1750 долларов при том, что долг Теслы только отелю «Уолдорф-Астория», где он квартировал, составил 20 тысяч долларов. Пресса же запустила слух, что башню снесли из опасений, что она станет ориентиром для германских субмарин, хотя в Нью-Йорке к тому времени уже стоял небоскреб «Вулворт-билдинг» гораздо большей высоты — 241 метр.

Кроме снесенной башни, у здания имеется еще и загадочный подвал. В нем прямо под башней распола-

галась шахта глубиной 37 метров, отделанная сталью и деревом. Давая показания по делу о банкротстве, Тесла рассказывал, что он забил в дно шахты одну за другой шестнадцать стальных труб на глубину еще в семьдесят метров. Задача была «раскатать сам земной шар». Есть сведения, что от дна шахты в направлении всех четырех сторон света расходятся отделанные кирпичом тоннели длиной под 70 метров, которые заканчиваются кирпичными постройками в форме иглу. Ходили слухи, что эти тоннели были залиты соленой водой либо жидким азотом. Впрочем, доступ в это подземелье для публичной публики до сих пор закрыт, и проверить эти сведения не представляется возможным.

Впоследствии сама территория со всеми зданиями перешла в собственность компании, которая занималась изготовлением фотоматериалов, и последним владельцем была компания «Agfa-Gevaert N.V.», которая полностью очистила территорию от загрязнения серебром и кадмием, а в 2009 году выставила ее на продажу. В 2018 году стараниями энтузиастов были собраны деньги, чтобы выкупить территорию лаборатории. И сейчас там организован Научный центр Николы Теслы, включающий музей, центр просвещения и инкубатор технологических стартапов.

Мысли при взгляде на звезды

Мог ли человек быть автором Тунгусского события? Я рассматривал гороскоп выдающегося события и, опираясь на содержание, попробовал выявить информацию о его авторе, предполагаемом Тесле. Результат оказался такой: «Это практик, склонный к системному мышлению, рискнувший на авантюрный эксперимент с целью заработать деньги. Оригинальный работник, профессионал-изобретатель, оснащенный техникой, интересующийся научными исследованиями. Одиночка-эксцентрик, чувствительный к поведению и мнению окружающих. Он упорен в идеях, заносчив и обладает высоким самомнением. Событие возникает неожиданно и также неожиданно заканчивается, оставляя за собой хаос. Творец события — отверженный гений с ненадежной репутацией, ненормальный человек, интересующийся элек-

тронным искусством. Он отстаивает независимость своей персоны и готов головой проломить стену, считает себя гением, но не имеет возможности довести до конца начатое. Человек не от мира сего. Событие происходит далеко от места проживания ученого, который чрезмерно озабочен, несет тяжелые правовые споры, а его дети (читай изобретения) больны. Большая ответственность и суровая жизнь мешают счастью. Событие сотворил диктатор, эгоист и честолюбец, но вместе с тем человек дальновидный, ответственный, миролюбивый и серьезный».

Любопытно, что и сам Тесла в «Дневнике» пишет о себе так: «Замкнутость еще не означает ненависти к людям. Все то, что я сделал и продолжаю делать для человечества, невозможно делать с ненавистью. Только с любовью. Самыми большими потерями для меня были не деньги, а

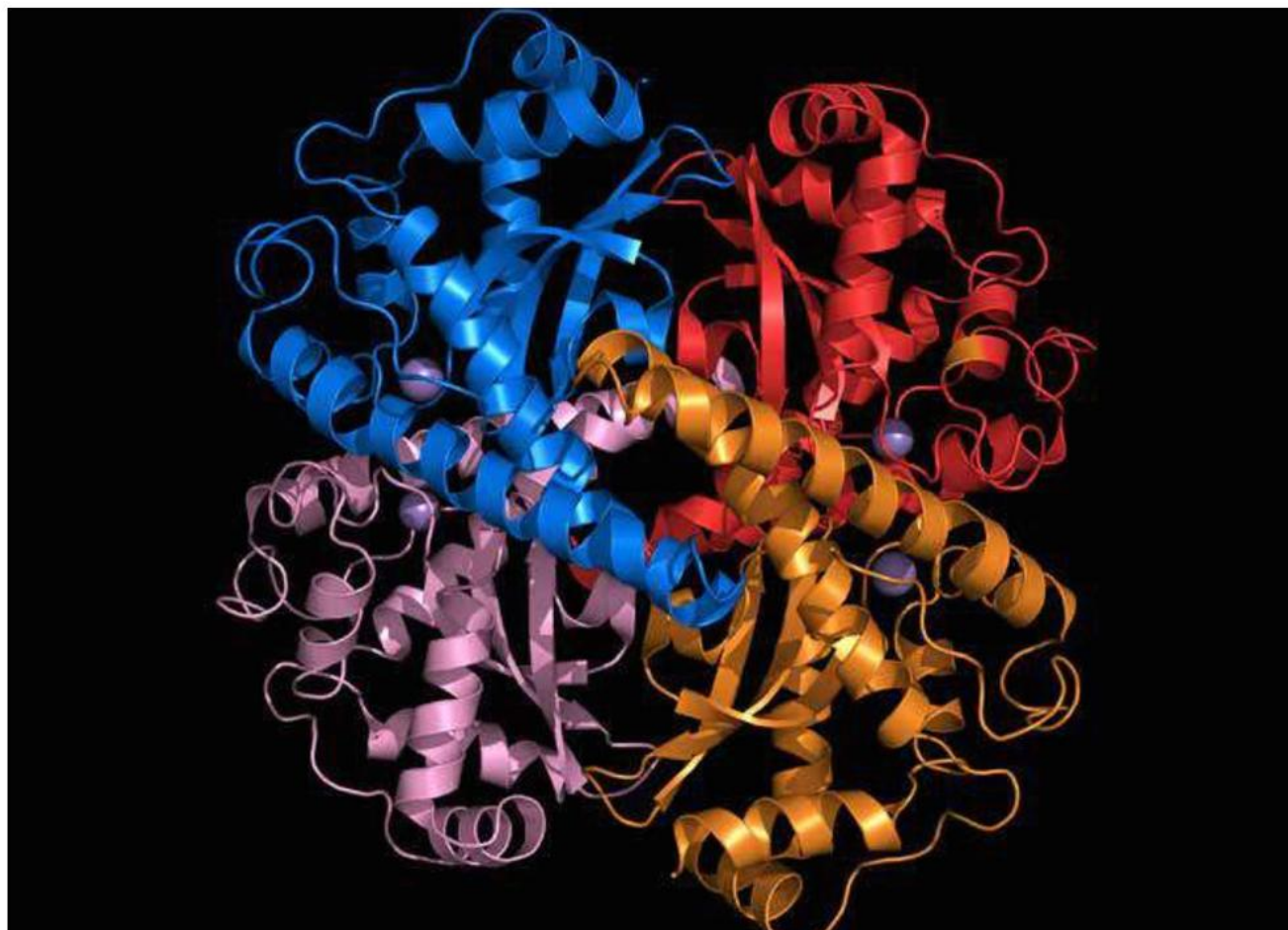
люди. Я говорю о тех, кто разочаровал меня. Очень больно разочаровываться в людях, особенно в тех, кем до того восхищался. Идеалы и принципы — это все, что у меня есть».

Жизнь подтверждает правоту представления об авторе взрыва. После Тунгусского события Тесла засекретил разработки по созданию электрического оружия, а впоследствии уничтожил все, что могло бы способствовать его созданию. В этой связи история с взрывом башни приобретает интересный нюанс: понимая, что и он, и его изобретения родились не вовремя, Тесла разумно отверг искушение угрожать человечеству или давать в руки потенциальному инвестору оружие той разрушительной силы, которая была продемонстрирована при Тунгусском событии.

А. Херсонов



РЕЗУЛЬТАТЫ: АЛГОРИТМЫ



Интеллект придумывает белки

Многие слышали, а любители соцсетей пользовались алгоритмом DALL-E 2, который создает реалистичные изображения по их кратким описаниям. Недавно группа ученых во главе с исследователями Массачусетского технологического института модифицировала этот обучаемый алгоритм так, чтобы он мог предсказывать последовательности аминокислот, которые дадут белки с определенными качествами. Работой руководил глава лаборатории атомной и молекулярной механики профессор Маркус Бюлер (Markus Buehler). Статья об исследовании только что вышла в журнале *Chem*.

Цепочки аминокислот, которые сворачиваются в трехмерные структуры, однозначно определяют механические свойства белка. ИИ давно научился их предсказывать. Обратная задача — выбрать цепи по заданным свойствам — гораздо сложнее. Для ее решения исследователи применили математические модели, учитывающие дальние взаимодействия аминокислот.

Программа способна придумать миллионы протеинов всего лишь за несколько дней. Белки, которые не существуют в природе, разработчики намерены использовать для создания материалов с нужными механическими свойствами, такими как жесткость и гибкость. Профессор уверен, что новый алгоритм также прояснит скрытые природные закономерности. По его словам, программа «поможет понять язык жизни, позволяющий ДНК кодировать аминокислоты».

Ученые косвенно проверили алгоритм сравнением «вычисленных» белков с уже известными, обладающими похожими на предполагаемые свойствами. Совпадение аминокислотных последовательностей достигало 50–60%. Это дает уверенность в возможности синтезировать новые протеины.

Сейчас ученые экспериментально проверяют свойства некоторых новых белков. Исследователи полагают, что смогут заменить отдельные керамические материалы, а также многие полимеры, получаемые из нефтепродуктов. Белки, к примеру, пригодятся для создания упаковки для пищевых продуктов, которая надежно сохраняет и механически защищает их. Авторы также намерены модифицировать алгоритм с тем, чтобы предсказанные протеины удовлетворяли другим критериям, например биологическим или медицинским.

Зафиксировали нас

Пожилые и больные люди иногда нуждаются в непрерывном медицинском контроле на случай экстренных ситуаций. Обеспечить такое наблюдение двадцать четыре часа в сутки зачастую не под силу даже близким родственникам или специализированным учреждениям. Дело в том, что современные следящие системы трудно обслуживать. Они дороги, непрактичны для клиник, не применимы в домашней обстановке.

Эти проблемы решает новая технология, разработанная инженерами университета Ватерлоо под руководством профессора электронной и компьютерной инженерии Джорджа Шейкера (George Shaker). Их система представляет собой малоомощный радар, который устанавливают внутри, например, больничной палаты или частного дома. Радар посылает сигналы миллиметровых волн. Смонтировать его можно на потолке или стене помещения.

Как в любом радаре информацию об объекте, в данном случае — человеке, несет отраженная от него волна. Динамику его перемещений радар отслеживает по изменению частоты этой волны. Для дешифровки и обработки данные поступают в обучаемую программу ИИ, которая использует облачные вычисления в интернете. Радар следит за объектами наблюдения непрерывно и при необходимости предупреждает медиков. Статья о работе появилась в журнале *IEEE Internet of Things Journal*.

ИИ распознает разные виды активности, например сон, просмотр телепередач, прием пищи, определит частоту пользования туалетом и санузлом. Сейчас система обучена вызывать помощь, если снижается активность пациента, увеличивается вероятность его падения, появляются опасные медицинские симптомы. Программа также выдает средние показатели активности пациента, регулярность пользования санузлом, среднее время сна и отдыха, параметры перемещения и даже время пребывания вне дома. Последнее, добавим, может понадобиться не всегда. Точность

предсказания активности объекта составляет 93% для известного лица и 86% — для незнакомого.

Английские инженеры договорились с одной из канадских компаний о коммерциализации разработки, которая уже установлена в нескольких домах престарелых. Профессор Шейкер сообщил, что новая технология — плод пяти лет исследований и разработок. Теперь она надежна и эффективна. Систему можно устанавливать и в помещениях, где нет камер видеонаблюдения. Сейчас они перегружены из-за быстро растущего числа пациентов. ИИ настолько быстр, что даже в случае внезапного падения пациента может мгновенно вызвать санитаров.

В статье авторы особо указывают, что их технология защищает приватность объекта потому, что ему не нужны никакие носимые метки или приборы. На кого рассчитаны эти заявления инженеров, радар которых однозначно идентифицирует каждый объект, сказать трудно.

Заметим, что систему удобно применять в пенитенциарных учреждениях, впрочем, как и в любых других. Объект может ничего не знать о ненавязчивой слежке, если, конечно, у него нет датчика электромагнитных полей. Технология представляет собой идеальный способ дистанционно контролировать группы людей через Интернет. Это правда, если забыть о постоянном облучении миллиметровыми волнами. Они, как показали еще германские опыты первой половины прошлого века, совсем не полезны живым существам. Даже в гомеопатических дозах.

Как поймать ИИ с поличным?

Обучаемые алгоритмы часто взаимодействуют друг с другом и с людьми. Это автономные дроны в небе, автомобили и доставщики еды на дорогах, роботы в госпиталях и др. Что знает их ИИ? Это стало животрепещущей проблемой компаний и людей, заботящихся о сохранности своих данных. Такие вопросы и опасения вызваны резким увеличением в мире числа устройств с ИИ.

В последние несколько месяцев в Интернете наблюдается взрывной рост интереса к обучаемым алгоритмам, способным рисовать картинки по описаниям или создавать тексты по заданным темам. Необходимость проверять и контролировать их работу стала насущной. Особенно это касается поддержания приватности и целостности источников данных для таких программных пакетов.

Однозначно ответить на вынесенный в заголовок вопрос взялись исследователи университета Суррея, возглавляемые доктором Солофомампионона Фортунат Раджаона (Solofomampionona Fortunat Rajaona) из лаборатории формальной верификации приватности. Они разработали программу, которая определяет, какой конкретно информацией владеют алгоритмы искусственного интеллекта и какие данные они извлекают из баз данных.

Новое программное обеспечение можно применять как протокол безопасности компании, работающий онлайн. Он поможет понять, не получил ли ИИ избыточные для него сведения и не приобрел ли он доступ к чувствительным для компании данным. Софт также определяет, не обладает ли ИИ возможностью использовать «дыры» в программном обеспечении и не реализовал ли он уже такую возможность. К примеру, в контексте онлайн-игр и ставок на тотализаторе пакет программ выполняет работу службы безопасности казино и выясняет, не научился ли ИИ постоянно выигрывать за счет программных ошибок кода. Пакет программ даже узнает, способен ли ИИ к успешной кооперации с софтом фирмы и нет ли у него знаний и способностей для преодоления границ безопасности в будущем.

Доктор Раджаона отмечает, что на создание работающего пакета программ ему потребовались годы усилий. Он уверен, что теперь пользователи смогут сами решать, какой ИИ безопасен для них. Пакет программ выиграл соревнование на лучшее исследование на 25 международном симпозиуме по формальным методам.

Выпуск подготовил
И. Иванов



Живые лаборатории

Тимофей Чернов

Вечный торф

Почему в болоте не разлагается органика?

В болотах, в отличие от всех других почв, органические остатки не разлагаются, а накапливаются в виде торфа. Не только сам торф, но и древесина, пищевые продукты, тела животных и людей могут сохраняться нетронутыми сотни и тысячи лет. Почему так происходит, ответить оказалось не так просто. Помимо очевидных версий — переувлажнение и анаэробные условия, — рассматривались пониженная температура, кислая реакция среды, недостаток питательных веществ. Но основная причина оказалась в другом. Специфические условия болота создает их главный обитатель, и он же останавливает разложение органики.

Хранилище древностей

В 1983 году неподалеку от городка Уилмслоу (графство Чешир, Великобритания) двое рабочих во время добычи торфа на болоте Линдоу обнаружили страшную находку. Это был фрагмент женской головы — кусок черепа с мягкими тканями, кожей и волосами. Испуганные рабочие незамедлительно вызвали полицию, началось расследование убийства.

Очень скоро появился и подозреваемый — местный житель Питер Рейн-Бардт. За двадцать лет до этих событий его жена Малика де Фернандес, пропала без вести. Полицейские тогда сразу заподозрили в убийстве Питера, обыскали его дом, но не обнаружили никаких улик.

Фрагмент головы, по оценке криминалистов, принадлежал женщине 30–50 лет, что подходило под возраст

◀ *Сфагновый мох — основной обитатель северных верховых болот, где процессы разложения органических остатков идут чрезвычайно медленно. Ненецкий автономный округ. (Фото автора)*

пропавшей Малики. Под давлением нового доказательства Питер наконец сознался. Оказалось, что Малика, с которой они разошлись вскоре после свадьбы, шантажировала Питера — требовала денег, угрожая раскрыть его гомосексуальность (в Англии того времени это грозило проблемами с законом). Питер убил несчастную Малику, расчленил ее тело и зарыл останки в болоте около дома.

Здесь бы и закончилась эта мрачная история, если бы не один нюанс: найденный в болоте фрагмент женской головы не имел отношения к Малике де Фернандес. Если та женщина и была убита, то значительно раньше. Радиоуглеродный анализ показал, что она жила более тысячи семисот лет назад, в то время, когда Британия была провинцией Римской империи. Узнав об этом, Питер попытался отозвать показания, но было поздно — присяжные приговорили его к пожизненному заключению.

Через год на том же болоте обнаружили человеческую ногу. Теперь наконец останки несчастной Малики? Опять нет. Удивительно сохранившийся труп мужчины, которому дали имя «человек из Линдоу». Возраст — две тысячи лет.

В 1950 году жители деревни Толлунд в Дании, тоже во время добычи торфа, обнаружили труп мужчины с веревкой на шее и также вызвали полицию. Тело «человека из Толлунда» поразительно сохранилось: на лице можно разглядеть мельчайшие поры и морщины, на щеках — щетину, сохранились волосы, одежда, головной убор и пресловутая веревка. Все это заставляло предположить недавнее убийство, однако на самом деле человек из Толлунда встретил свою смерть в железном веке, целых две с половиной тысячи лет назад.

В общей сложности в болотах Северной Европы найдено около тысячи так называемых болотных тел (bog bodies). Некоторые тела сохранились так хорошо, что можно было извлечь остатки пищи из желудка и определить состав последней трапезы (например, человек из Толлунда перед смертью ел ячменно-льняную кашу и закусил рыбой).

В болотах находили тела не только людей, но и животных — собак, свиней и даже лошадей. Еще лучше сохраняется древесина. В болотах Англии, опять же при добыче торфа, удалось обнаружить одну из самых древних рукотворных дорог на планете — Свит-Трек. Это два километра деревянных настилов на утопленных в болото опорах, которые были построены около 3800 лет до н. э. В климате Британии дерево на воздухе не сохранилось бы долго: бревна и доски быстро бы сгнили. На счастье археологов (и наверняка к большому неудовольствию древних строителей Свит-Трека) вскоре после построй-

ки уровень воды поднялся, и дорога ушла в болото. В другом регионе Англии, около города Питерборо, археологи нашли деревянную дорогу времен бронзового века и искусственный остров, где сохранились остатки деревянных строений и множество предметов.

В списке находок из болот — кожаная и шерстяная одежда, веревки и дерево, куски сыра, молочные порошки и даже бочка со сливочным маслом возрастом 2200 лет. Причем пищевые продукты из болота — не обязательно случайные потери или жертвоприношения. Согласно историческим данным, обитатели Британских островов специально хранили мясо, масло и сыр в болоте, чтобы они не портились.



<https://www.moesgaardmuseum.dk/>

▲ *Ребенок в датском музее смотрит на человека из Граубалле, современника человека из Толлунда, возрастом две с половиной тысячи лет*

▼ *Человек из Толлунда*



Wikimedia



▲ Бочонки с маслом, найденные в болотах Ирландии. Самая ранняя находка (вверху слева) — 200—350 год до н. э.

Есть в болотах что-то такое, что останавливает неизбежные в других местах процессы разложения растительных и животных тел. Ведь сама субстанция, из которой состоят болотные почвы — торф, — это неразложившиеся растительные остатки, законсервированные на тысячи лет.

Необычная почва

В любую почву каждый год попадает мертвое органическое вещество. На землю падают листья и стебли растений, под землей отмирают корни. Но растительные остатки в земле не накапливаются. В большинстве почв массовая доля органических веществ составляет всего несколько процентов или даже меньше одного процента. На мертвые листья и корни набрасываются бактерии и грибы, которых в почве живет больше, чем в какой-либо другой среде на Земле. Почва — постоянно работающий котел, в котором жизнь переваривает органику.

Это верно практически для всех почв, но не для болот. В болотах растительные остатки, вместо того чтобы разлагаться, накапливаются в виде мощного слоя торфа.

Правда, здесь нужно сказать пару слов о том, чем различаются болота. Хотя у всех болот есть главное общее свойство — постоянное застойное переувлажнение, — вопрос в том, откуда берется влага. Низинные болота, как можно догадаться из названия, находятся в низинах, куда стекает вода с окружающих территорий. Верховые болота подпитываются только дождевой водой. Торф и другие органические остатки хуже всего разлагаются в верховых болотах, именно в них находи-

ли болотные тела и другие артефакты. Значит, именно в них должно быть что-то, что подавляет активность микробов и не дает им разлагать органику.

Чем тут дышать?

Большинству живых существ нужен кислород для дыхания, и почвенные микроорганизмы не исключение. Среди них преобладают аэробы, то есть те, кто не могут существовать без кислорода. Болота делают болотами постоянное застойное увлажнение, и в них должно быть мало кислорода. Может быть, именно с этим связана устойчивость торфа к гниению?

Правда, в воде тоже может быть растворен кислород, и поэтому в большинстве водоемов условия не полностью анаэробные. В открытых водоемах отлично существуют растения и животные, и микроорганизмы там встречаются на достаточно большой глубине. Да, разложение органики в водоемах идет медленнее, чем в воздушной среде, но все равно идет. На дне рек и озер мягкие ткани у трупов сильно разлагаются уже за несколько лет. На дне озер может накапливаться органическое вещество, сапропель, но оно состоит из сильно разложившихся остатков живых существ.

Похожи ли болота по содержанию кислорода на обычные водоемы? Можно брать пробы на разной глубине болот и определять содержание кислорода с помощью масс-спектрометрического анализа.

Возьмем исследование верхового болота на юге Швеции («Global Change Biology», 2001). У поверхности, совсем немногим ниже уровня воды, растворенного кислорода 160 мкМ (около 5 мг/л). Это вполне сравнимо с содержанием кислорода в открытых водоемах. Но уже на глубине в семь сантиметров его содержание было ниже 0,2 мкМ (предел чувствительности прибора). В более раннем исследовании авторов — в болотах Шотландии — кислород пропадал на трехсантиметровой глубине. Не всегда кислородсодержащий слой такой тонкий, но с определенной глубины в болоте всегда наступают бескислородные условия.

Это не значит, что в болотах нет микроорганизмов. Даже в верховых болотах, где органика почти не разлагается, можно найти миллиарды клеток бактерий в грамме сухого торфа — не меньше, чем в «нормальных» почвах. Некоторым из этих микробов достаточно совсем небольших количеств кислорода, другим он вообще не нужен и даже ядовит для них.

К последним относятся процветающие в глубоких слоях болота археи, которые выделяют «болотный газ» метан. Эти археи из группы *Euryarchaeota* получают энергию при помощи окисления водорода углекислым газом, а в качестве побочного продукта образуют метан. В исследовании шведского болота на глубине 7 см, где заканчивался кислород, резко увеличивалось содержание метана — это работа метаногенных архей. Их численность в болотах обычно порядка 10^8 клеток на грамм торфа, то есть около 10% от общей численности

архей и бактерий. Но есть и обычные аэробы, которые живут в верхней части болота.

Словом, болота густо населены микроорганизмами. Но могут ли эти микроорганизмы разлагать органику?

Лучший способ проверить влияние того или иного отдельного фактора — «выключить» его и посмотреть, как система будет работать без него. Значит, надо убрать анаэробные условия в болотах и посмотреть, начнет ли органика разлагаться. Нужны болота, из которых ушла вода, и торф оказался в кислородной среде.

На протяжении XX века в мире появилось много подходящих осушенных болот. Например, в северной Финляндии, неподалеку от города Рованиemi на краю обширного болота в 1959 году построили завод, использующий грунтовые воды. Уровень воды на ближайшем участке болота сильно понизился. Получился удобный для научного исследования плавный градиент: от максимально осушенного болота рядом с заводом (глубина уровня воды 26 см, выше мох и другая растительность) до нетронутого болота вдалеке от него (уровень воды — 9 см).

В 2004 году финские ученые исследовали разные участки этого градиента («Environmental Microbiology», 2008). На дальнем участке болото осталось болотом, с четырехметровым слоем торфа, обилием мхов и редкими угнетенными деревцами. Чем ближе к заводу, тем выше становились деревья и тоньше слой торфа. Рядом с заводом болото превратилось в сосновый лес, а мощность торфяной толщи была чуть больше двух метров. Половина всего торфа, который накапливался тысячи лет, разложилась за 50 лет после осушения болота.

Кажется, ответ найден: анаэробные условия в болоте действительно мешают разложению органики. Но есть нюанс. В низинных болотах такое же застойное переувлажнение, как и в верховых, а торф там гораздо сильнее подвергается разложению. Нетронутые болотные тела находили только в верховых болотах, в низинных они не сохранились бы. Значит, недостаток кислорода не единственная причина медленного разложения органики в болотах, должно быть что-то еще. Какой-то дополнительный фактор, который мешает торфу разлагаться, причем в верховых болотах он должен быть выражен намного сильнее, чем в низинных.

Кисло?

Один из потенциальных факторов, останавливающих разложение торфа в верховых болотах, — кислотность среды. Низинные и верховые болота довольно сильно различаются по водородному показателю: в низинных pH от 5,5 до 7 (то есть близкий к нейтральному или слабокислый), а в верховых — до 3,5 (примерно как у яблочного сока или кислого пива). Может быть, микроорганизмам, разрушающим органику, слишком «кисло» и они не могут работать в верховых болотах?

Большинство бактерий действительно любят нейтральный pH. Но в верховых болотах есть много ацидофильных (способных жить в кислой среде) бактерий, которые могут разлагать растительные полисахариды. Считалось, что в кислой среде не живут бактерии из группы *Firmicutes* — они хорошо разлагают биополимеры и при этом предпочитают нейтральную среду. Но в этой группе обнаружились ацидофильные виды, которые могут разлагать пектин, крахмал и целлюлозу.

Кроме того, не одни верховые болота настолько кислые. Сравнимый pH тропических почв, красноземов и желтоземов, в которых органика разлагается очень быстро. Несмотря на огромную продуктивность тропических экосистем, содержание органики в этих почвах редко превышает 1% по массе.

Таким образом, низкий pH может замедлять разложение торфа в верховых болотах, но это точно не главная причина его сохранения.

Холодно?

Второй возможный фактор, усложняющий жизнь микробов в болотах, — температура. Ведь холод замедляет все биологические процессы, в том числе разрушение органики. Может быть, в верховых болотах слишком прохладно?

Болота действительно прогреваются достаточно медленно, поскольку торф работает как теплоизолятор, причем у верхового торфа самая низкая теплопроводность. Не зря на севере Европы торф традиционно использовали как утеплитель (и до сих пор используют, только сейчас для этой цели изготавливают торфоблоки — строительный и теплоизоляционный материал из прессованного торфа).

Среднегодовая температура в торфяниках обычно на 2—4°C ниже, чем на той же глубине «нормальных» почв окружающей территории. Больше всего разница летом, когда торфяная подушка не дает болоту быстро нагреваться от солнца.

▼ Древняя традиция в Исландии — утеплять дома торфом



Но эти несколько градусов не проблема для микроорганизмов. Да, снижение температуры может немного замедлить физиологические процессы. По правилу Вант-Гоффа, при снижении температуры среды на 10°C химические реакции замедляются в два — четыре раза. Это правило эмпирическое, кроме того, ферментативные реакции реагируют на температуру сложнее, но порядок остается примерно таким же. Однако остановить разложение органики охлаждение не способно. Во многих северных почвах, где средние годовые температуры ниже, чем в европейских верховых торфяниках, органика пусть медленно, но все равно разлагается.

В исследовании Васюганского болота в Западной Сибири, самого большого верхового болота в мире, показано, что с мая по сентябрь температура в верхней части болота колебалась от 0 до 20°C, а глубже 50 см — от 3 до 8°C. То есть температура нижних слоев болота — примерно как в холодильнике, а любой, кто надолго забывал еду в холодильнике, знает, что он не способен остановить разложение органики. Температура же в верхней части может быть вполне достаточной для нормальной активности микроорганизмов. Модельный опыт в канадском болоте даже показал, что при 14°C мох там разлагается быстрее, чем при 20°C («Canadian Journal of Microbiology», 2004).

В конце концов, стоит спросить, что же первично — теплопроводность торфа или скорость его разложения? Пожалуй, что второе. Не плохая теплопроводность верхового торфа сохраняет его от разложения, а наоборот, из-за того что растительные остатки в верховом торфе

▼ *Росянке Drosera rotundifolia на болотах не хватает азота и других биофильных элементов, поэтому она ест мелких беспозвоночных — наглядное свидетельство того, насколько бедны этими элементами верховые болота*

практически не разлагаются, они работают как хороший теплоизолятор. Правда, дело не только в сохранности остатков, но и в том, из чего они состоят. Но об этом поговорим чуть позднее.

Голодно?

Низинные и верховые болота сильно различаются по количеству питательных элементов. Вода, которая стекает в низинные болота с других территорий, приносит с собой растворенные вещества — соединения азота, фосфора, калия и ионы металлов, нужные для жизни растений и микроорганизмов. Поэтому именно торф низинных болот обычно используется как удобрение на бедных почвах — в качестве альтернативы минеральным удобрениям или дополнения к ним.

Верховые болота, наоборот, бедны всеми этими элементами. Они не попадают в верховые болота ни из почвообразующей породы (потому что она скрыта глубоко под слоем торфа), ни с водой (потому что в верховые болота поступает только дождевая вода). Бедность биофильными элементами — главная причина, по которой на верховых болотах обитают, например, росянки. Им настолько не хватает питательных элементов, прежде всего азота, что они приспособились охотиться на насекомых.

По идее, недостаток питания должен ограничивать активность микробов, разлагающих органику. Чтобы проверить это, как и в случае с недостатком кислорода, надо «выключить» нужный фактор. То есть посмотреть, что было бы, если бы питательных веществ в верховом болоте было достаточно.

Вот один из таких опытов, проведенный российскими и немецкими учеными: в экстракт верхового торфа, содержащий микробы из болота, внесли целлюлозу и проверяли, как она разлагается. Контрольный вариант — только целлюлоза, а в опытный вариант добавили доступного азота, чтобы микробам было повкуснее («Environmental Microbiology», 2011). В опыте с азотом значительно увеличилось выделение CO₂ — это главный показатель активности микроорганизмов, перерабатывающих органику. Значит, в присутствии азота целлюлоза действительно разлагается лучше. Недостаток питательных веществ и правда мешает микробам разлагать сложные вещества.

Но в болота попадает не чистая целлюлоза, а остатки растений. Как разлагаются они? В модельном опыте на верховом болоте в Чехии сравнивали скорость разложения целлюлозы и остатков сфагнового мха («Boreal Environment Research», 2009). Целлюлоза разлагалась с более-менее равномерной скоростью, а мох за первые пять месяцев потерял в два раза больше массы, чем за последующие шесть. Ниже уровня воды целлюлоза и мох разлагались одинаково медленно, а вот на болотных кочках, в кислородной среде, средняя скорость разложения мха была намного ниже, чем целлюлозы.

Похоже, сам состав растений, из которых образуется верховой торф, определяет его медленное разложение.

Wikimedia



Мы уже проговорились, что это за растения. Из-за недостатка минеральных веществ на всех верховых болотах процветают сфагновые мхи.

Творцы верховых болот

Сфагновые мхи — полноправные короли верховых болот. Не просто обитатели этих экосистем, но отчасти их творцы.

Род *Sphagnum* включает как минимум 380 видов мхов, которые живут по всей Земле, от тропиков до Арктики, но в основном — в болотах. Они медленно растут вверх, оставляя внизу, под водой, мертвые части побегов, которые постепенно уплотняются и формируют торф.

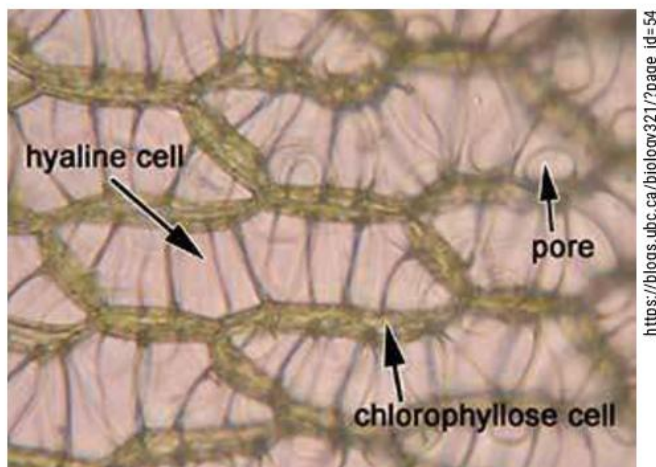
Сфагновые мхи гигроскопичны, как губка, и могут впитать влаги в 20 раз больше своего веса. Эту их особенность использовали (и до сих пор иногда используют) при строительстве бревенчатых домов. Прокладка из высушенного сфагнума между бревен играет роль теплоизолятора, а если между бревен попадает влага, сфагнум хорошо впитывает ее и предохраняет бревна от гниения.

Гигроскопичность сфагнуму придают гиалиновые клетки в его листьях — крупные, мертвые и пористые. Благодаря им сфагнумы помогают формированию верховых болот, накапливая и удерживая дождевую воду. Многолетний рост сфагнумов постепенно «приподнимает» верховое болото, так что оно может постепенно отдавать воду ручьям и речкам на окружающей территории. Например, огромные Васюганские болота служат источником воды для нескольких десятков рек Западной Сибири.

Гигроскопичность сфагнума — приспособление к голодным условиям. В листьях сфагнумов мертвые гиалиновые клетки чередуются с живыми фотосинтезирующими, содержащими хлорофилл. Гиалиновые клетки насыщаются водой, а хлорофиллсодержащие вытягивают из нее те небольшие количества питательных веществ, которые там можно найти. И снова мы видим, что сфагнумы — не просто обитатели, но и создатели условий верховых болот: они сами способствуют еще большему обеднению этой скудной среды.

С биофильными элементами сфагнумы вообще обходятся очень экономно. Исследование минерального состава живых и мертвых частей побегов сфагнумов показало, что мертвые части растения обычно обеднены азотом и фосфором. Это может означать, что сфагнумы забирают доступные азот и фосфор из отмерших нижних частей растения, чтобы использовать их в верхних живых побегах. Экоактивисты одобрили бы образ жизни сфагновых мхов: осознанное потребление, ничего не пропадает даром!

Бедность мертвых побегов азотом и фосфором уже ограничивает разложение сфагнума: «пустые» побеги для микробов не так вкусны. Но главная защита сфагновых мхов от разложения — это состав их клеточных стенок.



▲ Пористые гиалиновые клетки листа сфагнума и хлорофиллсодержащие клетки между ними.

Ученые довольно давно обнаружили, что сфагнумы образуют особые структурные полисахариды, от которых зависит, насколько устойчивы будут побеги мха к разложению. Плата за эту устойчивость — медленный рост. Быстрорастущие виды *Sphagnum riparium* и *Sphagnum jensenii*, в основном живущие в локальных понижениях болота, могут вырастать до 5,6 см в год. Но мертвые побеги *Sphagnum riparium* уже через год в болоте теряют пористость. А наиболее устойчивые виды: *Sphagnum fuscum* и *Sphagnum magellanicum*, обитатели болотных кочек, прибавляют в год всего лишь 0,4 см. Зато с тканями *Sphagnum fuscum* почти ничего не происходит даже после трех лет в болоте («Journal of Ecology», 2008). Хотя вариатбельность между разными видами очень высока, в среднем скорости роста и разложения сфагнумов связаны друг с другом.

При помощи мягкого кислотного гидролиза удалось извлечь эти структурные полисахариды из клеточных стенок сфагнума и узнать, что они собой представляют («Carbohydrate Polymers», 2008). Эта группа веществ получила название сфагнанов. Если вы не любитель органической химии, вы можете пропустить следующий абзац.

Оказалось, что сфагнаны — это пектиновые вещества, то есть полимеры галактуроновой кислоты и рамнозы. Но кроме них, сфагнаны содержат 5-кето-D-маннуриновую кислоту с более активными карбоксильными (кислотными) группами. Через остатки этой кислоты сфагнаны связаны с другими полисахаридными цепочками — целлюлозой и ксиланоглюкоманном. Получается разветвленная структура, благодаря которой сфагнаны лучше защищены от разложения, чем их родственники-пектины, не содержащие боковых полисахаридных цепочек.

Устойчивость сфагнанов может объяснить, почему не разлагается сам сфагнум, формируя верховой торф. Но это не ответ на вопрос, почему не разлагаются другие органические остатки в верховых болотах, например бо-

лотные тела. Оказалось, что сфагнум не просто устойчив сам по себе, но и подавляет активность микробов, не давая им разлагать другую органику.

Токсичный мох: тройной удар по микробам

То, что сфагнум обладает антимикробными свойствами, люди обнаружили экспериментальным путем уже давно. Благодаря этому свойству сфагнум, вероятно, спас тысячи жизней. Из-за высокой гигроскопичности и обеззараживающих свойств его использовали в качестве перевязки при ранениях до того, как стали доступны более качественные перевязочные материалы и антисептики.

Wikimedia



▲ Изготовление перевязочного материала из сфагнума в университете Торонто, Канада, 1914 г.

▼ Антисептическое «Сфагноловое» мыло, содержащее вытяжку из сфагнума (Англия)

Wikimedia



С 1880-х годов его стали применять в армии Германии. С началом Первой мировой войны шотландский хирург Чарльз Кэткин узнал о применении немцами сфагнума и призвал перенимать этот опыт. Свою статью по этому поводу он снабдил цитатой из Овидия «Учиться дозволено и у врага». Сфагнум с шотландских болот стал применяться в британской армии, а позже эту практику переняли США и другие страны. Даже во время Второй мировой войны лишенные медикаментов белорусские партизаны все еще использовали примочки из болотного сфагнума для обработки ран.

Не только сам сфагнум, но и вода из сфагновых болот обладает как минимум бактериостатическими свойствами. По легендам, викинги, а позже и английские мореплаватели брали в дальние морские походы болотную воду, которая дольше не протухала. Значит, в ней должны быть какие-то водорастворимые вещества, угнетающие развитие микробов.

В 1899 году чешский микробиолог Фридрих Чапек (большинство микробиологов знает его как изобретателя самой популярной питательной среды для выращивания грибов) выделил из сфагнума некое вещество, которое он назвал *сфагнолом*. Сфагнол обладал свойствами фенольных соединений и действительно подавлял развитие бактерий и грибов. Правда, получен он был довольно жесткой обработкой: кипячением сфагнума в щелочном растворе. Сам Чапек подчеркивал, что в естественных условиях в сфагнуме этого самого сфагнола нет.

Тем не менее идея токсичных фенольных соединений из сфагнума оказалась очень живучей. Например, с использованием вытяжки из сфагнума в Великобритании производили антисептическое мыло «Sphagnol Soap». Под общим названием «сфагнол» понимали смесь фенольных веществ, среди которых выделили даже сфагновую кислоту.

Но точно ли именно фенолы подавляют бактерий и не дают разлагаться торфу? Снова вспомним способ оценить действие отдельного фактора — «выключить» его и посмотреть на результат. Оказалось, что удаление из болотной среды всех фенольных соединений несколько усиливает разложение других видов мхов, но практически не отражается на скорости разложения сфагнума. Они обладают антибактериальной активностью, но при концентрациях намного более высоких, чем есть в сфагнуме. А общее содержание фенолов в верховом болоте ничуть не выше, чем во многих других почвах, где органика разлагается нормально.

В результате ученые снова вернулись к сфагнам — полисахаридам из клеточных стенок сфагнума.

В живом мхе они конечно же нерастворимы, но после смерти побегов могут постепенно проникать в раствор. Это не результат разложения растительных тканей: молекулы сфагнанов просто рвутся на части под действием физических и химических сил, даже чисто механического воздействия на мох. Дальше снова будет много органической химии.

Механизм тройного действия сфагнанов, которое подавляет активность микроорганизмов, предложил норвежский ученый Теренс Пейнтер («Carbohydrate Polymers», 1998). Когда фрагменты сфагнанов попадают в раствор, освобождаются остатки уроновых кислот. И снова сфагновые мхи оказываются создателями условий верховых болот — на этот раз низкого pH. Карбоксильные (точнее, входящие в их состав карбонильные) группы связывают и без того редкий в верховых болотах доступный азот.

В химическом смысле это реакция Майяра — тот же тип реакции, в результате которой образуется румяная корочка на выпечке или жареном мясе. Только там белок яйца или мяса (аминогруппа) соединяется с сахаром (карбонильная группа), а в сфагновом болоте молекулы сфагнанов (карбонильная группа) присоединяют к себе аммоний и другие азотсодержащие вещества. За счет той же реакции Майяра сфагнаны могут защищать от разложения сами органические останки, в том числе болотные тела. Сфагнаны выступают как дубильные вещества, увеличивая устойчивость останков. Из-за этого кожа болотных тел приобретает темный цвет.

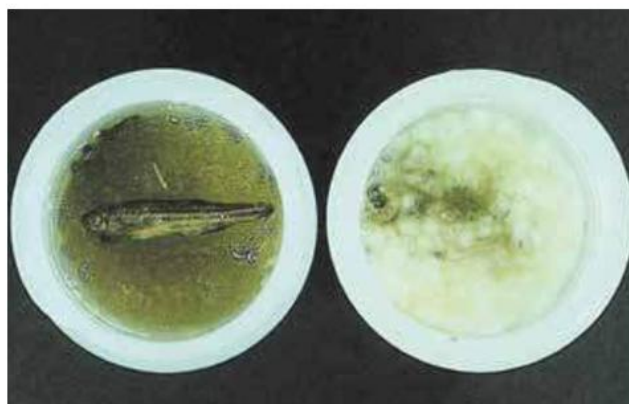
После поглощения аммония образуются темноокрашенные полимеры — меланоидины, способные поглощать мультивалентные катионы металлов. Металлов, которые также необходимы микроорганизмам и иногда выступают в качестве кофакторов (вспомогательных молекул для работы ферментов). Получается, что сфагнаны и их производные попросту отбирают у микроорганизмов нужные для метаболизма вещества.

Последнее и, наверное, самое важное — полимеры с большим количеством карбоксильных групп могут подавлять активность внеклеточных ферментов. Тех самых, которые нужны микроорганизмам, чтобы разрушать органические остатки. Сфагнаны, как в тканях сфагнума, так и в растворимой форме, могут обездвижить и полностью деактивировать молекулы экзоферментов.

Получается, что сфагнаны не просто «броня» побегов сфагнума — это их главные агенты во внешней среде, которые создают характерные условия верховых болот — низкий pH, бедность питательными веществами — и подавляют активность микробов. Прежде всего именно ту активность, которая направлена на разложение органики, — захватывают их экзоферменты. Именно сфагнаны — главная причина, по которой сохраняется как верховой торф, так и другие биообъекты, затопленные в болоте, в том числе болотные тела.

Любую концепцию надо испытать на практике. Пейнтер с коллегами решили проверить консервирующее действие сфагнума на останки, правда, вместо человеческих тел они использовали рыбу.

Тушки данио рерио (*Danio rerio*) и куски кожи семги выдерживали несколько недель во влажном сфагновом мхе, торфе и в растворе сфагнанов. Во всех вариантах рыба сохранялась нетронутой, кожа приобретала темный цвет за счет реакции Майяра. В качестве контрольного варианта авторы использовали целлюлозу, в которой



▲ Рыбка данио рерио прекрасно сохранилась после 14 дней во влажном сфагновом мхе (слева), а другая, в древесной целлюлозе (справа), разложилась. Иллюстрация из работы Пейнтера с коллегами («Innovative Food Science & Emerging Technologies», 2001, 2, 1: 63-74)

рыба ожидаемо сгнила. После нейтрализации всех карбоксильных групп в растворе сфагнанов «консервирующий» эффект пропадал. Единственное, что авторам не удалось сохранить, — рыбное филе без кожи, которое распадалось из-за активной потери растворимых белков.

Теренс Пейнтер был настолько увлечен антимикробным действием сфагнанов, что хотел использовать их на благо родной страны. В 2001 году он призывал на страницах журнала «New Scientist» снабжать норвежский рыболовный флот вместо дорогостоящих рефрижераторов дешевым сфагнумом или торфом для сохранения рыбы во время доставки в порт. По его мнению, это сохранило бы норвежской экономике миллиарды крон. «Не могу дождаться, когда съем консервированного в торфе лосося!» — говорил Пейнтер в интервью. Он признавался, что съел бы и тушки данио рерио из эксперимента, но они были слишком маленькими.

Каков же будет окончательный ответ о причинах сохранения органики в болотах? Анаэробные условия — базовый фактор, который приводит к образованию торфа во всех типах болот. Но верховые болота защищают органику еще лучше благодаря их главным обитателям — сфагновым мхам. Даже постановка вопроса: «Какие условия верховых болот не дают разлагаться торфу?» не совсем верна. Сам сфагнум за счет устройства своих тканей и специальных полисахаридов, сфагнанов, создает специфические условия верховых болот: и достаточно низкий pH, и бедность питательными веществами, и более низкие температуры.

Но самое главное — подавление активности экзоферментов и реакция Майяра. Именно они делают сфагнаны главными консервантами в верховых болотах, которые сохраняют от разложения и сам верховой торф, и все остальное, что попадает в болото. Будь то деревянные сооружения, бочки с маслом или невероятно сохранившиеся тела древних людей.



Иллюстрация Косты Гусалова

Кандидат биологических наук

Н.Л. Резник

А у нас новый стресс

Перегибы в борьбе с окислением

Жизнь с биохимической точки зрения есть череда окислительно-восстановительных реакций, необходимых для выработки энергии и синтеза основных клеточных компонентов. Эти реакции ферментативные, и в роли переносчиков электронов в них выступают вспомогательные молекулы, коферменты. Самые распространенные из них — никотинамидадениндинуклеотид НАД⁺ и его восстановленная форма НАДН, а также никотинамидадениндинуклеотид фосфат НАДФ⁺ и восстановленный НАДФН.

Первая пара участвует в синтезе АТФ (окислительном фосфорилировании), вторая — в анаболических реакциях, то есть реакциях синтеза сложных соединений из более простых. Окислитель, забирающий электроны, восстанавливается; отдающий электроны восстановитель окисляется. Есть у этих коферментов и другие функции, они, в частности, поддерживают в клетке стабильную окислительно-восстановительную среду.

Как неизбежное следствие кислородного дыхания в клетке постоянно образуются активные формы кислорода (АФК), в том числе супероксид-анион $O_2^{\cdot-}$ (ион молекулы кислорода с неспаренным электроном), перекись (в современных учебниках пероксид) водорода H_2O_2 , реактивные формы азота $NO^{\cdot}$ и их производные. Эти сильные окислители серьезно попортили бы клетки, если бы не антиоксидантная защита: несколько ферментов и небольших молекул.

Однако же и совсем без АФК нельзя. Они участвуют во многих биологических процессах, таких как передача внутриклеточных сигналов, клеточное деление и дифференцировка. И в физиологических условиях количество окислителей поддерживается на определенном уровне. Но бывает, что баланс между окислителями и антиоксидантами нарушается, равновесие смещается в ту или иную сторону и возникает стресс: либо окислительный, либо восстановительный.

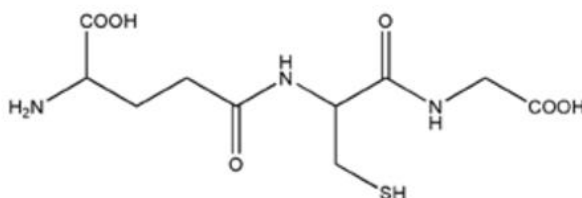
Про окислительный стресс известно немало (см. «Химию и жизнь», 2018, 5). Он развивается, когда не справляется антиоксидантная защита. Восстановительный стресс изучен гораздо хуже. Одной из причин его возникновения специалисты считают избыточную и неправильную компенсацию непрерывных окислительных повреждений. Другая причина — гипоксия, при которой из-за недостатка кислорода уменьшается количество окисленных переносчиков электронов. Кислородное

голодание приводит к дисфункции митохондрий и подавляет окисление НАДН, которое могло бы противодействовать вызванному гипоксией восстановительному стрессу. Зато когда поступление кислорода возобновляется, происходит всплеск образования АФК.

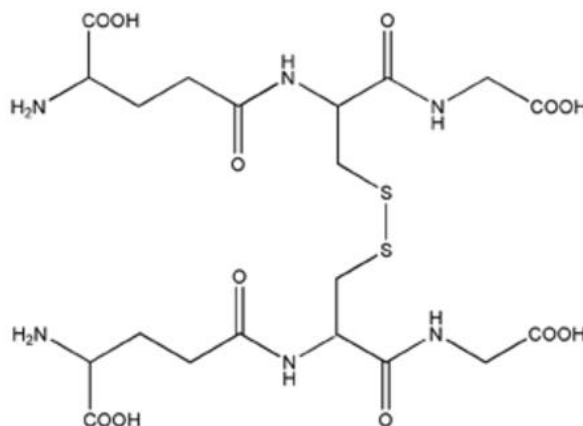
Восстановительный стресс можно диагностировать, измеряя соотношения НАДН/НАД⁺ и НАДФ/НАДФ⁺. Другими показателями служат относительное содержание лактата и пирувата, которое зависит от окислительно-восстановительной среды внутри клетки, а также соотношение восстановленной и окисленной форм глутатиона.

▼ **Глутатион — природный антиоксидант. Он связывается с активными формами кислорода, превращаясь в окисленную форму. Для восстановления ему нужен фермент глутатионредуктаза. Накопление восстановленного глутатиона вызывает восстановительный стресс**

Глутатион восстановленный



Глутатион окисленный



Стресс на то и стресс, чтобы не проходить без последствий. Избыток окислителей связывают с нарушением клеточных функций и развитием сердечно-сосудистых, нейродегенеративных и онкологических заболеваний, а также со старением. Последствия восстановительного стресса сейчас активно исследуют.

Поскольку восстановительный стресс подавляет образование АФК в митохондриях, их уровень становится ниже физиологического, а они выполняют разные сигнальные функции. Следовательно, многие процессы в клетке идут неверно. В том числе при восстановительном стрессе неправильно формируются дисульфидные связи мембранных и секреторных белков, соответственно, нарушается их структура и транспорт веществ через мембраны.

Постоянная активная работа генов, обеспечивающих антиоксидантный ответ, вредна, у мышей она вызывает кардиомиопатию.

При гипоксическом повреждении печени восстановительный стресс увеличивает высвобождение внутриклеточного железа. Повышенное количество свободного железа может усиливать окислительно-восстановительные реакции в местах, где это абсолютно не нужно, вызывая повреждения гепатоцитов. Более того, освобожденное железо приводит к образованию АФК. Активные формы кислорода могут вырабатываться и за счет частичного восстановления кислорода до супероксид-аниона. Далее возможны варианты: либо эти АФК смягчат восстановительный стресс, либо, если их слишком много, приведут к стрессу окислительному.

Восстановительный стресс часто встречается при диабете. По-видимому, при хронической гипергликемии усиливается продукция НАДН, а НАД⁺, напротив, истощается из-за сверхактивации ферментов, для работы которых требуется НАД⁺. В результате соотношение НАДН/НАД⁺ увеличивается и развивается восстановительный стресс.

НАД(Н), НАДФ(Н) и глутатион участвуют в процессе гликолиза, цикле трикарбоновых кислот, биосинтезе нуклеотидов, аминокислот и липидов, и сдвиг в соотношении этих трех окислительно-восстановительных пар неизбежно влияет на клеточный метаболизм. Эти изменения сейчас изучают, они затрагивают проницаемость мембран для электронов, репрограммирование Т-клеток иммунной системы, энергетический метаболизм клетки.

Болезни восстановительного стресса

Экспериментальные данные показывают, что восстановительный стресс связан с ишемией, кардиомиопатией и диабетом, он нарушает микроциркуляцию головного мозга и, по-видимому, способствует развитию нейродегенеративных заболеваний.

При нейродегенеративных болезнях белки сворачиваются неправильно и образуют агрегаты, что вызывает гибель нейронов. Эти белки в разных случаях разные.

При болезни Альцгеймера агрегаты образуют тау-белок и бета-амилоид; при болезни Паркинсона — альфа-синуклеин. Еще одной отличительной чертой данных заболеваний считали окислительный стресс, а тут еще и восстановительный обнаружился.

Есть такой фермент, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа. В его задачи входит поддержание в клетке необходимого уровня восстановленного глутатиона и НАДФН. Оказалось, что у пациентов с болезнью Альцгеймера активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и уровень глутатиона почти вдвое выше, чем в норме. Повышенный уровень фермента обнаружили и в поврежденных нейронах умерших больных. Приняв во внимание эти факты, ученые из университета Валенсии под руководством профессора Хосе Винья (Jose Vina) исследовали восстановительный и окислительный стресс у тех, кто еще не заболел, но рискует.

Основным известным в настоящее время фактором риска является носительство аллеля 4 гена *ApoE*. Ученые набрали здоровых добровольцев, несущих хотя бы один аллель 4 *ApoE*, и измерили содержание окислительно-восстановительных маркеров в крови, уровень антиоксидантных ферментов и патогенных белков в лимфоцитах. Оказалось, что у испытуемых с генотипом *ApoE* 4/4 соотношение НАДФН/НАД⁺ выше, чем у людей, не имеющих аллелей *ApoE* 4, а уровень окисленного глутатиона и активность антиоксидантных ферментов ниже. Эти испытуемые, здоровые и без клинических признаков когнитивных нарушений, уже активно синтезировали белки, связанные с болезнью Альцгеймера, в том числе тау-белок. Исследователи предположили, что восстановительный стресс при болезни Альцгеймера развивается еще до клинической стадии заболевания по причинам, пока неясным. После долгой и активной работы система антиоксидантной защиты истощается, и тогда возникает окислительный стресс, который принято считать одним из маркеров болезни Альцгеймера.

Эстафету подхватили американские ученые под руководством исследователя из Алабамского университета в Бирмингеме Намаккала Раджасекарана (Namakkal S. Rajasekaran). Они изучили влияние восстановительного стресса на клеточную культуру нейробластомы — опухоли, которая развивается из незрелых нервных клеток, нейробластов.

Чтобы создать в клетках восстановительную среду, в культуру добавляли сульфорафан. Стресс определяли по соотношению восстановленной и окисленной форм глутатиона. Оказалось, что и острый, и хронический восстановительный стресс нарушают сворачивание белков и вызывают их агрегацию. В этих агрегатах присутствуют белок тау, скопления которого обычны при болезни Альцгеймера, и альфа-синуклеин — патогенный белок болезни Паркинсона. Скорость агрегации белков зависит от силы восстановительного стресса: хронический стресс зловреднее краткосрочного.

При дегенерации нейронов положение может спасти образование новых клеток. В мозге взрослых людей

есть две области, в которых нейрогенез происходит всю жизнь. Эти области содержат популяции покоящихся нейтральных стволовых клеток, которые генерируют зрелые нейроны.

Исследователи обработали культуру клеток нейробластомы ретиноевой кислотой, которая стимулирует рост аксонов. Клетки ошетились отростками, потом появились аксоны, и на пятый день клетки превратились в полностью сформированный нейрон с аксоном, дендритами и синапсами. Однако с клетками, которые испытывали восстановительный стресс, ничего подобного не произошло. Если пересадить их в среду без сульфорафана, нейроны образуются на шестой день после отмены препарата.

Н. Раджасекаран и его коллеги предположили, что сигналы, регулирующие дифференцировку нейронов, проокислительные, и восстановительная среда передачу этих сигналов блокирует. Вредна она для нейронов, вредна.

Восстановительный стресс и кетогенная диета

Мы уже говорили, что окислительно-восстановительная среда внутри клетки влияет на ее метаболизм, но и питание влияет на среду. К восстановительному стрессу может привести кетогенная диета (о ней см. «Химию и жизнь», 2022, 9). Она содержит очень мало углеводов и белков и большое количество жиров. Кетогенная диета вызывает системный кетоз, при котором организм вместо глюкозы расходует жиры и белки, а печень при этом производит кетоновые тела, преимущественно ацетоацетат и 3-гидроксibuтират. Кетоновые тела окисляются с образованием НАДН, и внутриклеточная среда становится восстановительной. Оказывается, и кетоновые тела, и восстановительная среда могут быть полезными при лечении опухолей.

Китайские и американские исследователи под руководством профессора Принстонского университета Джошуа Рабиновича (Joshua Rabinowitz) изучали аденокарциному протоков поджелудочной железы — заболевание, от которого быстро умирают, а стандартное лечение часто не помогает.

Опухоли для роста нужна глюкоза, причем раковым клеткам из-за генетических мутаций и дисфункции митохондрий глюкозы требуется больше, чем здоровым. А еще рост аденокарциномы стимулирует инсулин. При кетогенной диете, которая содержит мало углеводов, инсулина выделяется мало, и опухоль растет медленно. К тому же эксперименты с меченой глюкозой показали, что кетогенная диета подавляет гликолиз в раковых клетках, то есть даже то небольшое количество глюкозы, которое мышь получает с пищей, в опухоли почти не усваивается.

При недостатке глюкозы раковые клетки вынужденно переходят на питание кетоновыми телами, а именно 3-гидроксibuтиратом. Добавляя мышам в корм 3-гидроксibuтират, меченный дейтерием, ученые об-

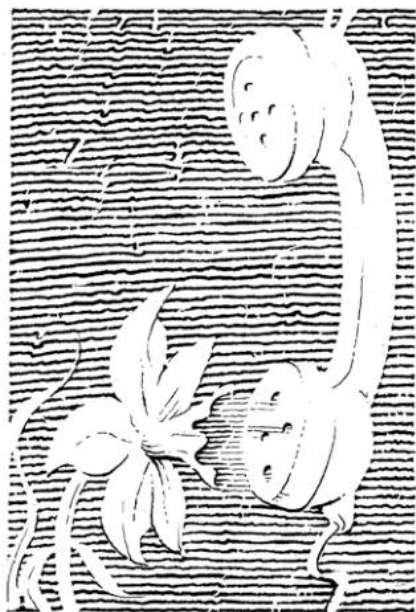
наружили, что в тканях опухоли он окисляется, превращаясь в ацетоацетат. Это односторонний процесс. Опухоль поджелудочной железы кровью снабжается плохо, и в таких условиях НАДН накапливается, что приводит к восстановительному стрессу. Повышение концентрации НАДН при этом умеренное и не влияет на роль опухоли. Однако сочетание кетогенной диеты и цитотоксической химиотерапии существенно повышает уровень НАДН в опухоли и тормозит ее рост.

Химиотерапия продлевала жизнь больных мышей в среднем на 5,8 дня, а у мышей на кетогенной диете — на 16 дней. Этот выигрыш во времени был связан с некрозом опухоли и замедлением клеточного деления. Эффект зависел от величины восстановительного стресса: чем выше было соотношение НАДН/НАД⁺, тем медленнее росла опухоль, а в некоторых случаях она даже уменьшалась в размерах. Эти данные получены в рандомизированных исследованиях на 66 мышах.

Джошуа Рабинович с коллегами начинают клиническое испытание комбинации химиотерапии и кетогенной диеты при метастатическом раке поджелудочной железы. Каковы будут результаты — неизвестно, поскольку в лаборатории исследователи работали с генетически модифицированными мышами, у которых спонтанно развивается рак поджелудочной железы, или с мышами, которым пересаживали фрагменты опухоли. У этих грызунов отсутствует полный спектр мутаций, обнаруживаемых при раке поджелудочной железы человека.

Традиционно считается, что восстановительная среда полезна для клетки, так как окисление может привести к повреждению белков, липидов и нуклеиновых кислот. При некоторых заболеваниях даже рекомендуют антиоксидантную терапию для компенсации окислительного стресса. Слово «антиоксидант» воспринимается исключительно в положительном смысле. Однако практика показывает, что избыток восстановленных соединений, таких как НАДН или глутатион, также вреден для клетки. Он приводит к окислению митохондрий, высвобождению железа, образованию активных форм кислорода, агрегации некоторых белков, изменяет работу генов и даже может со временем сдвинуть окислительно-восстановительный баланс в сторону окислительного стресса. Все эти изменения токсичны для клетки и вызывают болезни. Что касается пользы восстановительного стресса в лечении злокачественных опухолей, то для людей она пока не доказана.

Регуляция окислительно-восстановительной среды и ее влияние на различные заболевания — сложный процесс, в котором антиоксиданты требуются только в крайнем случае. А некоторые исследователи, в том числе Хосе Винья, полагают, что использование антиоксидантов как пищевых добавок и лекарственных препаратов при заболеваниях, связанных с окислительным стрессом, неразумно. Так что клеткам млекопитающих лучше поддерживать сбалансированную окислительно-восстановительную среду, чтобы избежать как окислительного, так и восстановительного стресса.



Растения разговаривают

Однажды в мае мы оказались на озере Комо. Оно лежит в окружении гор, довольно крутых и отвесных. И вот в один из дней, послушав на рассвете райское и оглушающее пение птиц, решили сходить в горы. Мы лезли по очень крутому склону, покрытому мрачным темным лесом, по едва заметным тропкам. Потом оказалось, что это излюбленные места контрабандистов. И тропки тоже их.

Мы быстро устали и только и думали о том, как поскорее найти приличный спуск. И вдруг лес расступился и перед нами открылась большая поляна. Она раскинулась на пологой площадке высоко над озером. Вид, конечно, открывался фантастический, но дело не в нем, а в самой поляне.

Она была залита солнцем и усыпана дикими нарциссами. Они росли среди зеленой сочной травы, их там было очень много, наверное — миллион. Нога не поднялась ступить на эту красоту, хотя нам нужно было поляну пересечь. Пришлось удлинить дорогу и пойти в обход. Не отрывая глаз от этой роскоши, мы обошли полянку по краю и тут же нашли спуск.

И вот вопрос — почему не поднялась нога? Почему мы не пошли

по траве с нарциссами? Ведь это же был дикий луг? Не газон? И это был короткий путь.

Не хотели разрушать красоту, ломать ногами цветы, причинять им боль. Да, я уверена, что растения чувствуют боль. И если бы они могли разговаривать, они бы рассказали нам о своих страданиях.

Нам всегда казалось, что растения безмолвны. Но, дорогие друзья, теперь мы точно знаем, что это не так. И сегодня мы можем смело, с полным научным основанием утверждать — да, растения разговаривают и издают звуки той же громкости, что и человеческая речь. Другое дело, что мы, люди, их не слышим. Потому что это звуки высокой частоты, ультразвуки, — наше ухо их не различает.

Это поразительное, но ожидаемое открытие, сделали израильские ученые из Тель-Авивского университета. Исследователи работали с растениями томатов, табака, пшеницы, кукурузы. И даже кактус попал в зону их внимания.

Эксперимент выглядел так. Исследователи поместили растения в акустическую камеру, защищенную от внешнего шума. Впрочем, его и не было, потому что камера стояла в тихом подвале. В 10 см от каждого растения установили ультразвуковые микрофоны. Они записывали звуки на частотах 20–250 кГц. Их человек не слышит. Доступный нам максимум — 16 кГц.

Прежде чем поместить растения в акустическую камеру, их ввергли в стресс — некоторые не поливали в течение пяти дней, а у некоторых был срезан стебель. Понятно, что контрольная группа растений была нетронутой.

Потом исследователи прослушали записи. Записанные сигналы звучали на частотах 40–80 кГц, нам недоступных. Пришлось понизить частоту записи. И тогда исследователи услышали звуки, похожие на хлопки и щелчки.

Растения в состоянии стресса, то есть обезвоженные и травмированные, — более разговорчивые, они издают несколько десятков таких щелчков в час. Причем у каждого

типа стресса и растения — свои определенные звуки. А растения, находящиеся в добром здравии и полном порядке, если и подают голос, то раз в час. То есть по большей части помалкивают.

Записи ультразвуков, собранные в эксперименте, проанализировали с помощью искусственного интеллекта, то есть специально разработанных алгоритмов машинного обучения. И в результате ИИ научился по записи звуков определять, что это за растение и что с ним не так — оно обезвожено или поранено.

Получается, что мир вокруг нас полон звуков растений. И эти звуки содержат информацию — например, о нехватке воды или травмах. Именно с этими двумя типами стресса экспериментировали ученые. Но ведь еще есть вредители, болезни, холод, цветение, опыление, созревание — да мало ли чего еще, о чем растениям захотелось бы поговорить.

Уверена, что растения не только издают звуки, но и воспринимают их. Но есть еще летучие мыши, грызуны, насекомые, которые слышат ультразвуки и смогут разобрать послания растений. И это логично. Растения постоянно взаимодействуют с насекомыми и другими животными, которые используют звук для общения. А чем растения хуже?

Производят ли растения эти звуки для общения с другими организмами — пока точно неизвестно, это только предположение. Но выглядит оно очень экологично и эволюционно, если учесть, что в природе все связано со всем. Во всяком случае многие млекопитающие и насекомые могут обнаруживать звуки растений в диапазоне 20–100 кГц на расстоянии 3–5 м. И наверняка используют эту информацию.

Например — мотылек, который намеревается отложить яйца на растении, а он для этого предпочитает томаты и табак, или животное, которое намеревается съесть растение. Все они вполне могут использовать звуки, чтобы понять, стоит это делать в данном конкретном случае или нет.

Несомненно, и человек может воспользоваться информацией, за-

ключенной в звуках растений. Просто нужны соответствующие датчики. Они будут считывать послания растений и давать сигнал о недостатке воды, например. Биоакустика растений может стать основой для мониторинга потребностей сельскохозяйственных культур.

И это может дать огромный экономический эффект. Например, если перейти к точному орошению, что называется, «по запросу», то можно будет уменьшить расход на полив вдвое! И конечно, повысить урожай.

Точный механизм, стоящий за этими звуками, пока неясен. Ученые предполагают, что это может быть связано с образованием и схлопыванием пузырьков воздуха в сосудистой системе растения. Этот процесс называется кавитацией. Она создает мощную вибрацию, порождающую ультразвук.

Как растения генерируют ультразвук — ученые намерены выяснить в последующих исследованиях. А кроме того, они собираются расширить список экспериментальных растений, чтобы охватить как можно больше видов. И конечно, получить ответ на вопрос — слышат ли другие растения и животные звуки растений? И если да, то как на них реагируют?

Все это чрезвычайно интересно, если не сказать — захватывающе. И все это — большая и серьезная наука. Результаты исследования опубликованы в престижном научном журнале Cell.

Жаль, что человек не слышит ультразвук. Я бы с интересом послушала, о чем говорят мои комнатные цветы, с которыми я разговариваю. Почему-то мне кажется, что они меня слышат и что-то даже отвечают. Хотя, с другой стороны, может, оно и к лучшему.

Вспомним мою поляну с нарциссами. Вот пошла бы я по этой красоте, ломая цветы. Представляете, какие ультразвуки я бы услышала в ответ? Самое меньшее — это: «Куда ж ты, тетка, прешься? Не видишь, что здесь живые существа живут?»

В общем, Природа предусмотрела все. И лучше не придумать. Иначе как бы мы выжили в городе, где непрерывно косят траву?



Еще один секрет от белого медведя

Белый медведь, или полярный, или северный медведь, обитающий в Арктике, оказался кладезем идей и технологий для материаловедов. Об одной мы уже рассказывали. Помните? Почему белый медведь не поскользывается на льду?

Оказалось, все дело в поверхности кожаных подушечек на его лапах. Она покрыта нанометровыми и миллиметровыми сосочками. В результате поверхность подушечек с таким рельефом становится такой шероховатой, что прекрасно сцепляется со льдом и снегом.

А вот еще один секрет. И связан он с простым вопросом — как мех белого медведя сохраняет тепло? Этим вопросом исследователи задаются давно. Ну что тут, казалось бы, непонятного. На то он и мех, чтобы согревать. Он же пушистый, он же хранит воздух между волосками. А воздух — отличный теплоизолятор.

Но у белого медведя, который обитает в экстремальных условиях полярного севера, где средняя температура минус 34 градуса, все не так просто. Как же работает его мех в экстремальных условиях? И вот наконец ученые получили точный ответ на этот вопрос.

Многие полярные животные активно используют солнечный свет, чтобы

поддерживать температуру тела, и мех белого медведя — отличный инструмент для этого дела. Волоски меха — это, по сути, натуральное оптическое волокно, которое отлично пропускает солнечный свет. Но мех — это только половина дела. Вторая половина — это кожа медведя, а она, оказывается, черная. Точнее, верхний слой кожи черный, потому что в нем много меланина. И в этом секрет.

Черная кожа прекрасно поглощает весь солнечный свет, прошедший через оптоволокно, оно же шерсть. В результате она разогревается. Но тепло не теряет, потому что шерсть не позволяет коже его терять. Можно сказать, что в полярных условиях животные используют особый механизм терморегуляции. А именно — оптические полимерные материалы, создающие «парниковый» эффект на теле.

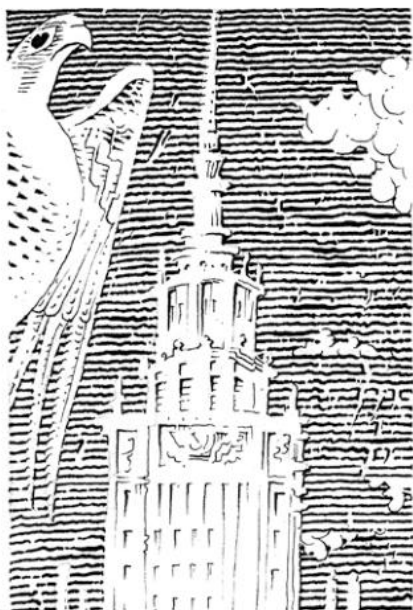
Странно было бы, если бы этим секретом не воспользовались материаловеды. Тем более что поиск синтетического текстиля, созданного по образу и подобию меха белого медведя, длится уже 80 лет. И вот он успешно завершен. Инженеры Массачусетского университета создали соответствующую ткань.

Это двухслойная ткань. Верхний слой состоит из оптических полимерных волокон, которые, подобно меху белого медведя, направляют солнечный свет и концентрируют его на нижнем слое. Он сделан из нейлона и покрыт темным материалом под названием PEDOT. И вот эта двухслойная конструкция греет не хуже меха белого медведя.

Причем это сверхлегкая ткань. Если из нее сделать куртку и сравнить ее с такой же хлопчатобумажной, то окажется, что куртка из нового материала, во-первых, на 30% легче той же, что из хлопка. А во-вторых, в ней будет очень тепло — на 10 градусов теплее, чем температура окружающего воздуха.

Ткань работает, пока светит солнце или комната хорошо освещена, то есть при любом видимом свете. Да еще при весьма умеренном освещении — 130 ватт на метр квадратный. Поэтому, если нет газа для отопления, можно прекрасно согреваться в этой искусственной медвежьей шкуре. А точнее — в этой свето-теплоулавливающей

сверхлегкой одежде. Хорошее решение для европейских стран, отказавшихся от российского газа.



Университетский сапсан

Думаю, вы со мной согласитесь, что самая красивая из семи сталинских высоток в Москве, построенных в 50-х годах, это главное здание Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. До 1990-х годов здание было самым высоким в Европе — 240 метров, 36 этажей от основания до макушки шпиля.

Конечно, вы его видели, хотя бы на картинке. Многие побывали и внутри главного здания. И совсем немногие поднимались на 30–32 этажи. Здесь, прямо под шпилем, расположена ротонда — круглое помещение с двумя ярусами окон. Поэтому оно всегда залито светом. Очень красивое место.

Здесь располагается часть Музея землеведения МГУ. Здесь же проходят конференции, встречи, мероприятия, концерты, правда — для узкого круга, потому что ротонда не может вместить много людей. Мне повезло, я бывала в ротонде не один раз.

Но с недавних пор под университетским шпилем появились и другие обитатели — на башне поселились сапсаны. Гнездовую нишу для краснокнижного сокола-сапсана оборудовали

на 30-м этаже главного здания, как раз за окнами ротонды. Так МГУ решил внести свой вклад в благородное дело спасения редкого вида птиц, которые исчезли в Московском регионе в конце 60-х годов прошлого века.

Сапсаны начали селиться в верхней части здания МГУ еще с 2005 года. Однако регулярное потомство соколы стали выводить только с 2017 года. С тех пор птенцов кольцуют и отслеживают их дальнейшую судьбу.

Кстати, на Воробьевых горах у сапсанов есть все условия для охоты на перелетных птиц. Здесь хорошая экология, благоприятная роза ветров, рядом есть долины рек и большая популяция птиц, которыми хищные сапсаны могут питаться. В Москве 70% их питания составляют голуби. Кроме того, сталинская высотка напоминает сапсанам скалы, на которых они обычно селятся в дикой природе.

В этом году самка сапсана отложила четыре яйца. Это довольно редкий случай, обычно в природе самка откладывает три яйца. Так что в мае 2023 года у соколов-сапсанов, живущих под шпилем главного здания МГУ, появилось потомство. Кстати, эти птицы живут супружеской парой многие годы, то есть браки у них устойчивые.

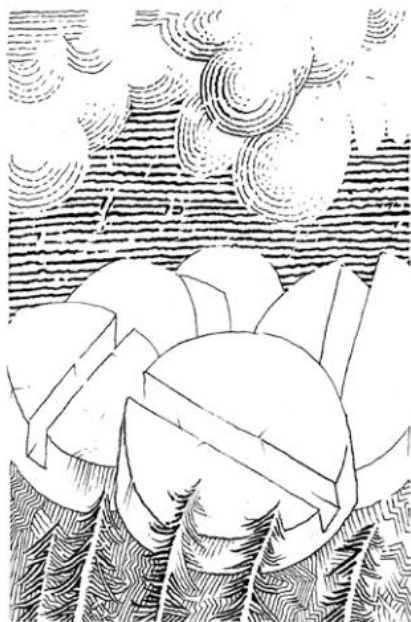
В нише установлена видекамера. Теперь специалисты со всего мира, научные волонтеры и все желающие смогут следить за жизнью птиц в прямом эфире. Вы тоже можете поискать этот сериал «за стеклом» в сообществе МГУ в контакте и на канале МГУ в YouTube. Трансляция идет круглосуточно. Но поскольку камера установлена в уголке гнезда, то время от времени птицы могут ее закрывать и картинки не будет.

Соколы-сапсаны занесены в Красные книги Москвы и Российской Федерации и охраняются международными конвенциями. Роль их в природе велика. Их добычей в первую очередь становятся больные или неполноценные особи других видов. Так сапсаны «следят» за физическим здоровьем и демографическими показателями птичьего населения, работают санитарами.

А еще сапсаны служат биологическим индикатором состояния окружающей среды. К 70-м годам прошлого

века они практически исчезли. Причина — пестицид ДДТ. Им травили жуков, жуков съедали птицы, а птиц — хищные соколы. В организме пестицид накапливался и если не отравлял сокола, то нарушал формирование скорлупы у яиц. В результате она становилась такой тонкой, что самка могла раздавить невылупившееся потомство.

С легкой руки МГУ сегодня сапсаны также поселились на крышах других высоток — Министерства иностранных дел России и высотки на Котельнической набережной.



Облака против антибиотиков

Помните у Лермонтова? «И кто заглянет в недра облаков? Зачем? Они исчезнут без следов».

Не прав был Михаил Юрьевич. Просто потому, что не знал — облака могут наследить, да еще как. И что же это за следы?

Исследователи из Канады и Франции в течение двух лет собирали пробы в облаках у вершины потухшего вулкана Пюи-де-Дом, расположенного в Центральном горном массиве во Франции. Это своего рода «перекресток», где встречаются воздушные потоки из разных частей континента, которые приносят с собой различные облака.

Здесь, на высоте 1465 метров, располагается метеостанция. И здесь же в 1875 году была построена физическая лаборатория.

Что можно забрать из облаков? Конечно — воду. Так вот. Анализы показали, что в одном миллилитре воды содержится около 8 тысяч бактерий. До половины бактерий в облаках могут быть живыми и потенциально активными.

Однако помимо бактерий исследователи нашли в облачной воде и собственно гены устойчивости к антибиотикам. Больше 20 тысяч в миллилитре воды. Но как могут гены существовать вне бактерий?

Дело в том, что в бактериальных клетках обитают независимые генетические элементы, плазмиды. Гены устойчивости к антибиотикам у бактерий чаще всего располагаются именно в этих маленьких молекулах ДНК. Более того, бактериальная клетка иногда просто избавляется от этих плазмид, если они ей не нужны, — попросту выбрасывает их в окружающую среду.

Они легко передаются от одной бактерии к другой. Это так называемый горизонтальный перенос генов. В результате бактерии, не нюхавшие антибиотиков, приобретают к ним устойчивость.

Но как бактерии и их гены попадают в облака? Оказывается, концентрация бактерий и генов устойчивости в облаках приблизительно такая же, как на поверхности почвы и воды в водоемах. Их подхватывает ветер, воздушные потоки уносят их высоко вверх, и так они оказываются в облаках — воздушных такси, которые развозят эти гены по всему миру.

Океанические и континентальные облака несут разные гены. Например, в континентальных облаках больше генов устойчивости к антибиотикам, используемым в животноводстве. Что и понятно. В природную среду бактерии и их гены действительно попадают во многом благодаря животноводству, в котором активно используют эти лекарства для лечения скота.

Интересно, что в воздухе разных городов содержится разное количество бактерий и генов устойчивости к антибиотикам. Международная группа

исследователей изучила воздух в 19 городах в 8 климатических зонах по всему миру и тщательно проанализировала состав мельчайших твердых частиц, которые всегда присутствуют в воздухе городов.

Частицы собирали с помощью специальных фильтров, установленных на автомобильных кондиционерах. Ученых интересовало, какова в них концентрация 30 различных генов, обеспечивающих устойчивость к 7 типам препаратов, в том числе хинолонам, бета-лактамам антибиотикам и тетрациклину.

Здесь отличился, в плохом смысле этого слова, Сан-Франциско. В его воздухе была самая большая концентрация генов устойчивости к антибиотикам. Самая маленькая — в воздухе индонезийского Бандунга, самый разнообразный набор генов нашли в Пекине.

Наиболее распространенными по всему миру оказались гены устойчивости к бета-лактамам антибиотикам, в том числе пенициллинам. В шести городах обнаружили гены резистентности к ванкомицину.

Итак, гены устойчивости к антибиотикам могут передаваться по воздуху при помощи мелкодисперсных твердых частиц, взвешенных в атмосфере, или облачной воды, проливающейся на Землю дождем.

Но если вы думаете, что устойчивость к антибиотикам — это проблема, возникшая в последние пару десятков лет, то вы заблуждаетесь. Первые препараты против болезнетворных бактерий — сульфаниламиды и пенициллин — начали успешно применять в клинической практике в 30–40-е годы XX века. И уже тогда устойчивость к ним была проблемой.

Как это ни покажется странным, устойчивость к антибиотикам возникла задолго до того, как человечество открыло антибиотики и начало их производить. Дело в том, в природе антибиотики существовали всегда.

Миллиарды лет бактерии и грибы вырабатывали антибиотики, чтобы с их помощью бороться с другими бактериями и грибами. А те, в свою очередь, вынуждены были защищаться от антибиотиков и вырабатывали

самые разные механизмы защиты от этих соединений.

Собственно, механизмов такой защиты бактерий не так много. Они всегда связаны с изменениями в генах. Поэтому резистентность наследуется, переходя из поколения в поколение.

Даже в арктической вечной мерзлоте возрастом 30 тысяч лет ученые нашли гены устойчивости. И в кишечной микрофлоре мумии «тирольского человека» возрастом 5000 лет, которую откопали в Альпах, тоже были гены устойчивости. Разумеется, и сейчас бактерии, резистентные к различным антибиотикам, и гены устойчивости находятся в окружающей среде. Их-то и переносят облака.

Сегодня сельское хозяйство — более активный потребитель антибактериальных средств, чем медицина. Приблизительно три четверти производимых в мире антибиотиков приходится на животноводство. Иногда антибиотики применяют даже для растений, например в США ими опрыскивают яблоны.

Но четверть все же потребляет медицина. Поэтому нельзя сбрасывать со счетов вклад, который вносим мы, люди, в распространение устойчивости бактерий к антибиотикам.

Я уже не раз говорила и не устану повторять: нельзя заниматься самолечением и чуть что хвататься за антибиотики. Нельзя продавать их без рецептов в аптеках. И надо точно соблюдать назначение врача — пить именно ту дозу, что назначена. Меньшая доза не убивает бактерии, а как раз и заставляет их быстро мутировать, чтобы стать устойчивыми. Об этом предупреждал создатель пенициллина Александр Флеминг еще в 1942 году на своей нобелевской лекции.

Ответственное отношение к антибиотикам — это то, что может замедлить распространение опасной устойчивости бактерий к этим лекарствам. Иначе мы скатимся в доантибиотиковую эру со всеми вытекающими ужасными последствиями.

Подборку подготовила
Л. Стрельникова

Иллюстрации —
Петра Перевезенцева



Дневник наблюдений

Н. Анина

Шмели ГОНЯЮТ МЯЧИК

Как же не изучать шмелей! Эти удивительные существа обладают прекрасной пространственной памятью, распознают человеческие лица, умеют учиться, решать проблемы и даже использовать для этого простые инструменты.

Много лет посвятил шмелям профессор Лондонского университета королевы Марии Ларс Читтка (Lars Chittka), его фамилию иногда переводят как Хиттка. Во время очередного эксперимента по изучению когнитивных способностей шмелей исследователи сделали неожиданное наблюдение. Ученые проверяли, может ли шмель научиться закатывать в лунку шарик, если получает за это раствор сахарозы. Сразу скажем, что насекомые с этой задачей блестяще справились.

Эксперименты проводили в лаборатории: гнездо для колонии земляных шмелей *Bombus terrestris audax* устроили в темном деревянном ящике, а кормились насекомые на специальной площадке. Гнездо и площадку соединял туннель, в который исследователи в переры-

вах между экспериментами складывали шарики. И они заметили, что шмели, проходя по туннелю, эти шарики перекатывают, хотя необходимости в этом не было, и места в туннеле было достаточно, чтобы пройти, ничего не задев. Шарики, кстати, были довольно большие, по размерам сопоставимые со шмелем. «Уж не забавляются ли шмели таким образом?» — подумали ученые и стали разбираться.

Многие животные играют, даже беспозвоночные (см. «Химию и жизнь», 2015, 2). Это занятие добровольное, и ученые, прежде всего, поинтересовались, действительно ли шмелям хочется катать шары. Для этого они соорудили специальную конструкцию (см. рисунок). Путь из гнездового ящика к кормушкам с пыльцой и сахарозой лежал по дорожке, пересекающей площадку с шариками. Потолок над этой площадкой низкий, летать нельзя, только ходить. Дорожка ограничена барьерчиком высотой 3 мм, чтобы шарики на нее случайно не закатывались. Чтобы коснуться шариков, нужно специально сойти с тропинки.

На площадке разместили 18 деревянных шариков диаметром 15 мм, желтых, фиолетовых или неокрашенных. Все шарики покрыли пластиком, чтобы их легко было мыть. Девять шариков (по три каждого цвета) случайным образом разместили в подвижной и неподвижной зонах. Неподвижные шарики приклеивали, но так, чтобы их легко было отлепить и помыть.

Эксперимент проводили по три часа ежедневно в течение 18 дней. В это время 45 шмелей разного пола и возраста беспрепятственно ходили из гнезда к кормушкам и обратно. Шарами они заинтересовались, очень быстро разобрались, что шары с одной стороны неподвижны, и заметно чаще заходили на ту сторону площадки, где их можно покатасть. К этому занятию они неоднократно возвращались, иногда едва притрагивались к шару, а иногда катали по полминуты, а длина максимальной траектории составила 601 мм. Цвет шарика значения не имел.

Интерес к катанию шариков у шмелей настолько велик, что они выстраивают свой маршрут с учетом возможности поиграть. Ученые заставили шмелей ходить из гнезда на кормовую площадку через цветную камеру, то желтую, то синюю. Эти цвета выбрали потому, что шмели легко их различают. Одной группе в желтую камеру всегда клали шарики, а в синюю никогда. Во второй группе, напротив, желтая камера пустовала, а в синей были шары. Спустя два дня таких прогулок шмелям предложили выбор: туннель раздвигался, и через него можно было пройти либо в синюю камеру, либо в желтую. Проход был устроен так, что из туннеля был виден только цвет камер, а что внутри не видно. Шмели чаще направлялись в камеру того цвета, где привыкли находить шарики.

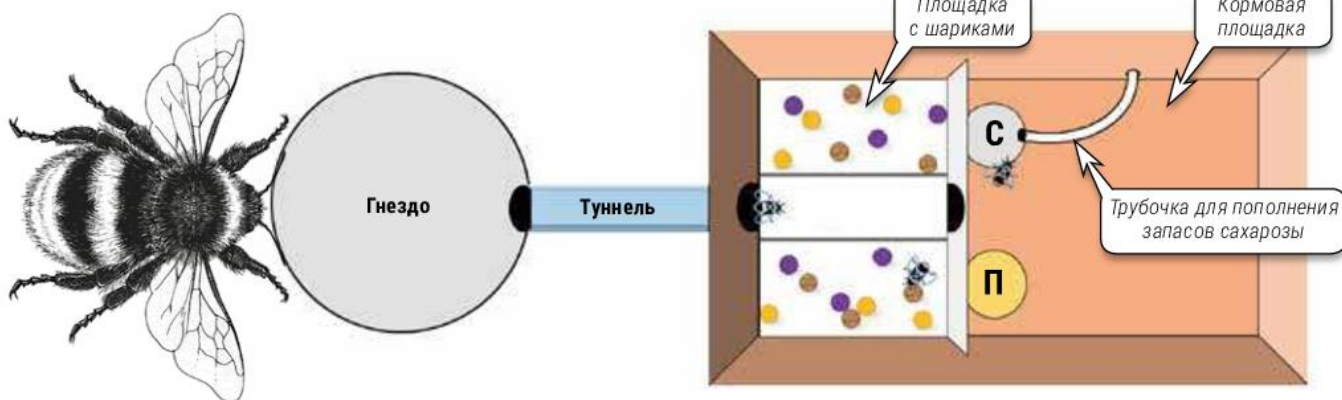
Второй вопрос, занимавший ученых, заключался в том, зависит ли интерес к шарикам от возраста шмеля. И у людей, и у других позвоночных игры — удел детенышей. Чем старше «ребенок», тем больше он забавляется, а потом его игровая активность идет на убыль — появляются другие занятия. Ларс Читтка с соавторами впервые обнаружил эту закономерность у беспозвоночных. Шмели с удовольствием катают шарики в возрасте трех – семи дней, а насекомые старше девяти дней играют уже меньше.

Возможно, эта закономерность связана с развивающей функцией игры. Пик игровой активности млекопитающих совпадает с периодом, когда мозг, особенно мозжечок, наиболее пластичен. Поэтому игра способствует точной настройке связей между нейронами и развитию двигательных навыков, необходимых в более позднем возрасте. У шмелей в первые семь дней взрослой жизни наибольшую пластичность проявляют грибовидные тела — области мозга насекомых, ответственные за сенсорную обработку информации и формирование памяти. Чтобы понять, случайно ли перекрываются время максимальной игровой активности и нейронной пластичности, нужны дальнейшие исследования, и шмели могут служить для них удобной моделью.

Итак, шмели с удовольствием катают шарики, но можно ли считать это занятие игрой? В 2005 году профессор университета Теннесси Гордон Бургхард (Gordon Burghardt) сформулировал пять критериев, позволяющих распознать игру у любого вида и в любой ситуации. Первый из этих критериев — отсутствие немедленной выгоды. Катание шариков не помогало шмелям получить еду, шарики не загораживали путь к кормушке. Тем более что насекомые двигали шарики не целенаправленно, а в произвольном направлении. Шмели не путали деревянный шарик с источником пищи, половым партнером, и даже не исследовали, потому что со временем, хорошенько изучив этот предмет, не теряли к нему интереса. Так что первому признаку игры возня с шариками удовлетворяет.

Соответствует она и второму критерию — спонтанности и добровольности. Шмелей никто не принуждал. Поскольку приклеенными шариками они не интересовались, ученые заключили, что привлекает их именно

▼ Гнездовой ящик с колонией шмелей соединен с ареной пластиковым туннелем. К кормушкам надо проходить по дорожке, по бокам которой лежат разноцветные шарики: девять подвижных шаров справа и девять неподвижных слева. В кормушках 30%-ная сахароза (С) и пыльца (П). Сахарозу подливали снаружи через трубочку, чтобы меньше тревожить шмелей. Расположение сахарозы и пыльцы меняли каждый день, чтобы насекомые не привыкали



катание, а не сам шар как таковой. И поскольку они идут в камеру того цвета, где ожидают найти мячик, игра им в удовольствие.

Игра отличается от адаптивного поведения. И действительно, движения, необходимые для катания шарика, шмели не используют в других жизненных обстоятельствах. Они не пригодятся для сбора нектара, спаривания или защиты от хищников. Во всякой полезной деятельности шмели совершенствуются, однако к перемещениям шарика это не относится. Катать его быстрее шмели не стали.

А еще игра отличается от стереотипного поведения. Стереотипия – это повторяющиеся бесполезные действия, которые часто наблюдаются у животных, живущих в неоптимальных условиях. Медведи, например, ходят взад-вперед по вольеру, по одному и тому же маршруту. Но шмели не повторяются, они катают шарики по разным траекториям, и на стереотипию это занятие никак не похоже.

И наконец, игра — это занятие, несовместимое с беспокойством. Как выяснил несколько лет назад Читтка с коллегами, шмели могут пребывать в состоянии, напоминающем положительные эмоции. Это состояние зависит от дофамина, и добиться его можно, угостив шмеля каплей очень сладкого, 60%-го раствора сахарозы (обычно в лаборатории шмелям дают 30%-й раствор). В таком приподнятом настроении шмели быстрее приходят в себя после смоделированного нападения хищника и решительнее исследуют новые объекты.

В экспериментах с шариками ученые сделали все возможное, чтобы избавить шмелей от стресса и минимизировать раздражающие факторы, могущие нарушить мирное течение жизни. Шмели свободно перемещались внутри улья и площадки, они не голодали и могли общаться друг с другом. Их не хватали, не встряхивали, и даже сироп в кормушку подливали по трубочке, чтобы лишний раз не показываться шмелям. Вот шмели и пребывали в настроении, благоприятном для игры. Когда они чувствуют угрозу, то издают тревожное жужжание (это «Ж-ж-ж» — неспроста!), но в данном эксперименте шмели явно не тревожились.

Возня шмелей с деревянным шариком удовлетворяет всем критериям игры, значит, это она и есть. Однако для таких необязательных занятий нужен досуг. И действительно, шмели-самцы катают шарики дольше самок, потому что у них меньше обязанностей. Снабжать семейство продовольствием они не должны. В естественных условиях кавалеры озабочены продолжением рода, вскоре после вылета отправляются на поиски самок и в родное гнездо, как правило, не возвращаются. Но в лаборатории девственных самок нет, так что заняться им нечем и лететь некуда. А самкам обеспечен постоянный доступ к пыльце и нектару, и условия для выполнения их основной задачи, фуражировки, самые благоприятные. На ней они и сосредоточились, в ущерб игре.

Осталось выяснить, играют ли шмели на свободе, и если да, то во что. Может быть, вольные забавы, в отличие от катания деревянных шаров, приносят им пользу.

Как шмели чернику делили

Принято считать, что насекомые-опылители распределяют источники пищи: опыляют разные виды растений или посещают их в разное время.

Увы, этот принцип не всегда можно реализовать. Так, нескольким видам шмелей, живущим в лесах Швеции, весной приходится кормиться почти исключительно на цветках черники. При этом все шмели — дневные насекомые.

Проблемой распределения черничных ресурсов заинтересовались шведские и британские исследователи под руководством профессора Лундского университета Хенрика Смита (Henrik Smith). В период массового цветения черники они наблю-

дали за двумя лесными участками, где заметили почти три тысячи шмелей, принадлежащих к девяти видам.

Оказалось, что шмели распределяют места кормления в зависимости от освещенности. Одни предпочитают залитые солнцем участки, другие — затененные. Предпочтения зависят от показателя, который называется параметром глаза. Глаза у насекомых фасеточные, и параметр глаза — это произведение диаметра фасетки на величину угла между ними. Сумеречные насекомые, чтобы уловить больше света, увеличивают диаметр фасеток, что ведет к увеличению угла (и размеров глаза), но в этом случае снижается разрешение.

Исследователи обнаружили, что у трех видов шмелей, предпочитающих затененные участки, — лугового шмеля *Bombus pratorum*, городского шмеля *B. hypnorum* и полевого шмеля *B. pascuorum* — параметры глаза высокие. При этом сами шмели достаточно мелкие, хотя крупные глаза удобнее располагать на большом теле.

Ученые предполагают, что распределение по световым нишам призвано смягчить межвидовую конкуренцию, однако ее наличие у шмелей еще надо доказать. Во-первых, не у всех наблюдаемых видов есть четкие предпочтения освещенности. Во-вторых, в период цветения черники шмели с избытком обеспечены нектаром от рассвета до заката.

На эти вопросы еще предстоит найти ответ, пока же ученые подчеркивают, что, исследуя среду обитания опылителей, необходимо учитывать их сенсорные способности.

Н. Анина



Расследование

Паучьи сенсации

В эпоху изобилия информации каждый ее генератор желает быть замеченным. Один из проверенных способов заключается в том, чтобы выбросить в мир сенсацию. К сожалению, это стремление зачастую порождает ложь.

Сенсация обращается к сильным человеческим эмоциям, например отвращению и страху. И пауки, которых многие боятся, а знают о них мало, оказались идеальным объектом для любителей поджаривать факты. Такая ситуация обеспокоила специалистов по изучению пауков, и они заинтересовались, не возводят ли на пауков напраслину.

Чтобы оценить качество информации о пауках, шестьдесят шесть исследователей из разных стран проанализировали сообщения о встречах человека с пауками, опубликованные в Интернете в 2010–2020 годах. Статьи, посвященные общей информации о пауках, исследованию пауков и арахнофобии, они не рассматривали. В результате исследователи собрали 5348 публикаций из 81 страны на 40 языках, рассказывающих о 6204 столкновениях человека с пауком. Однако во многих случаях разные источники сообщали об одних и тех же случаях, поэтому уникальных эпизодов набралось всего 2644, из которых 1121 закончились укусами, а 147 — смертельными укусами.

Каждую статью независимо читали два-три эксперта, оценивая ее с точки зрения точности информации и сенсационности. Исследователи определяли, по-

знавателен ли текст и содержит ли специальные наживки для зрителей. Сенсационная статья, в отличие от нейтральной, преувеличивает размеры паука или его волосатость, содержит фотографию укуса, в заголовке встречаются слова «тревога», «агония», «атака», «смертельный», «жуткий», «ползучий», «дьявол», «страх», «ад», «убийца», «противный», «кошмар», «паника», «ужас».

Однако наличие одного из этих слов необязательно относилось публикацию к разряду сенсационных. Например, статьи, посвященные смертельно ядовитым паукам, бывают вполне нейтральными, тогда как новости, в которых последствия укуса сильно преувеличены, чаще оценивали как сенсационные.

Неверное описание действия паучьего яда — одна из частых ошибок, встречаемых в публикациях о пауках. Кроме того, бывают ошибки в изображениях, когда вид на фотографии или рисунке не соответствовал упомянутому в тексте; ошибки, связанные с неверной таксономической информацией (например, «пауки — это насекомые»); ошибки в анатомии паука (например, «жало паука», а он не жалит, а кусает); неверное количество ног или глаз.

Выводы экспертов оказались неутешительными: 47% статей содержали ошибки, а 43% исследователи оценили как сенсационные. Эти статьи повествуют о якобы смертельных укусах неопасных пауков или нашествиях пауков, вынуждающем жильцов покинуть дом; об опасных паукообразных, скрывающихся под сиденьями унитаза международных аэропортов; о крошечных пауках, заползающих вам в рот, пока вы спите.

Эти байки отнюдь не безобидны. Во-первых, они поддерживают в обществе боязнь пауков (арахнофобию). Это очень древний и распространенный страх, пауков боятся, по разным оценкам, от 3,5 до 11,4% населения Земли. Некоторые пауки действительно смертельно опасны, но к таковым относятся менее 0,5% видов, а живут эти существа, по большей части, в безлюдных местах, поэтому их встреча с человеком маловероятна. Однако напуганные люди могут пересмотреть свое отношение к охране дикой природы. Да ну эту природу вместе с ее кошмарными пауками!

Во-вторых, дезинформация приносит реальный материальный ущерб. Известны случаи, когда из-за предполагаемого «нашествия» пауков, укусы которых неприятны, но не смертельны, закрывали школы. А некий человек, начитавшись историй про ужасных восьминогих, взял паяльную лампу, отправился выжигать паутину на заднем дворе и случайно устроил пожар в доме.

Чтобы избежать подобных казусов, исследователи рекомендуют журналистам консультироваться с экспертами, причем именно со специалистами по паукам, а не с врачами или борцами с вредителями. Медики и другие официальные лица часто неверно идентифицируют пауков и дают неправильную информацию об укусах. Консультация арахнолога будет точной, хотя и снижает сенсационность.

Н. Анина



Осина — не только для бобров

Иллюстрация Петра Перевезенцева

Неспокойно у нас в России. Березы шумят, осины трепещут, а чего трепещут, спрашивается? Ботаники давно нашли ответ. Листья у осины большие, черешки длинные и тонкие, слегка сплюснутые с боков, поэтому при малейшем дуновении листья начинают дрожать, а заодно обеспечивают активное движение воздуха вокруг себя и приток углекислого газа. Мы всё боремся с выбросами CO_2 , забывая, что он необходим для фотосинтеза. А у осины фотосинтез идет интенсивно, и она быстро растет. Однако же народ такое рациональное объ-

яснение не устраивает, и фольклор предлагает нам иные варианты.

Осина, видите ли, предоставила свою древесину на изготовление креста для распятия Спасителя, саму себя для повешения Иуды, не укрыла ветвями Богородицу, когда она с Младенцем спасалась от Ирода. За эти грехи дерево проклято и обречено вечно дрожать. Обвинения эти безосновательны, потому что наша осина обыкновенная *Populus tremula* в Палестине никогда не росла. Ее ареал — умеренный пояс Европы и Азии. По-видимому, ее спутали с близким родичем, белым тополем *Populus alba*, который в Израиле встречается часто. Однако же дурная слава прилипла к дереву, и его не сажали рядом с домом, не погоняли скотину осиновым прутом, не топили осиновыми дровами. И при этом осиновой корой, листьями и почками издавна лечили многие болезни. Видимо, клин клином вышибали.

Народная медицина использует настои и отвары коры, почек и листьев. Эти средства обезболивающие и противовоспалительные, особенно при суставных и мышечных болях, вяжущие и желчегонные, отхаркивающие и стимулирующие кровообращение. Их принимают как жаропонижающее при инфекционных заболеваниях, используют наружно для заживления ран, ушибов и язв, растираются ими при подагре и артритах. Измельченные почки осины используют в виде мази.

Что ценно, многие из этих целебных свойств подтвердились экспериментально, причем значительная часть исследований проведена в России. Ученые работают преимущественно с водными и спиртовыми экстрактами. Экстракт коры осины подавляет рост многих бактерий, в том числе кишечной палочки, бацилл, синегнойной палочки, пневмококка, золотистого стафилококка, а также грибов: черного аспергилла, кандид, дрожжей. Соответственно, экстракт осиновой коры в сочетании с другими препаратами рекомендуют для лечения многих инфекционных заболеваний, в том числе туберкулеза, малярии, сифилиса, дизентерии, воспаления легких, кашля различного происхождения и воспалений слизистой оболочки мочевого пузыря. Бактерицидные, консервирующие свойства осины давно и хорошо известны: запасы на зиму солили и мочили в осиновых кадках или прокладывали осиновыми прутьями. Осина — настоящий природный антибиотик.

Исследования, проведенные в российских клиниках, показали, что экстракт коры осины излечивает язву желудка и двенадцатиперстной кишки, подавляя секрецию желудочного сока и оказывая антибактериальное, противовоспалительное и обезболивающее действие.

Кора осины изгоняет кишечных паразитов: аскарид, остриц, плоских червей и лямблий, а также сосальщиков описторхисов — возбудителей описторхоза. Описторхисами заражаются, употребляя



▲ Листья осины трепещут от малейшего ветерка. Ее латинское название *Populus tremula* означает «тополь дрожащий»

▼ Осина размножается порослью от корней, поэтому быстро захватывает новые незатененные участки, но живет недолго, не более ста лет

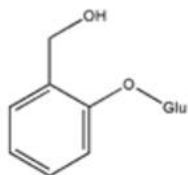


фото: Drazen Nestic

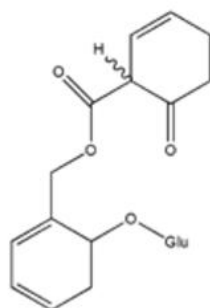
плохо обработанную рыбу. Описторхоз сложно диагностировать, а последствия у него бывают очень тяжелые. По официальной статистике, описторхозом страдают не менее 17 миллионов человек, из них более 2 миллионов в России. Лекарства от описторхоза есть, но они, увы, токсичны. Прием осиновой коры к



▲ Женские сережки осины. Когда раскроются ее плоды-коробочки, ветер развеет крошечные семена с пучками волосков



Салицин



Саликортин

таким последствиям не приводит. В России выпускают биологически активные добавки на основе экстракта осиновой коры: Эспенэль и Тремулацин, Экорсол и Популин. По данным исследователей, эффективность лечения описторхоза составляет от 70 до 90%. Эти препараты рекомендуют и при других недугах, в том числе при инфекционно-воспалительных заболеваниях органов дыхания.

Коренные жители и поселенцы бассейна Оби и Иртыша, живущие рыбалкой и охотой, об этих свойствах осины были прекрасно осведомлены и добавляли настой коры в питье, а порошок в пищу.

Естественно, ученые определили биологически активные соединения коры, почек и листьев. В них много кальция, калия, фосфора и магния, что, безус-

ловно, полезно, однако целебные эффекты вызваны преимущественно органическими соединениями. Антимикробное и фунгицидное действие приписывают рутину и кемпфролу, флавоноиды и фенолгликозиды определяют противоязвенные свойства экстракта коры. За антигельминтные свойства тоже отвечают фенолгликозиды, причем они уничтожают не только взрослых паразитов, но и личинки с яйцами. Дубильные вещества (танины) обладают вяжущими свойствами. Разные части растения содержат одни и те же соединения, только в разных соотношениях.

В листьях преобладают флавоноиды, в коре и почках — гликозиды, в первую очередь салицин и его производные, в том числе популин (салицин-6-бензоат), тремулоидин (салицин-2-бензоат) и тремулацин (саликортин-2-бензоат). На долю салицина приходится пятая часть всех фенольных соединений коры. К сожалению, он горький. Горький настолько, что принимать его — наказание. Впрочем, зайцы и лоси так не считают и зимой лакомятся осиновой корой. А для бобров осина вообще дерево первого выбора, ни одна не устоит вблизи бобровой хатки. Люди, вынужденные лечиться осиновой корой, делают спиртовые настойки, а отвары подслащивают медом или разводят водой — так снадобье становится более приемлемым на вкус. Производители биологически активных добавок тоже стараются сделать их пригодными для внутреннего употребления.

В желудочно-кишечном тракте салицин превращается в салигенин, а после всасывания — в салициловую кислоту. Это сильнодействующее противовоспалительное, жаропонижающее и обезболивающее соединение, а его производное, ацетилсалициловая кислота, известно всем как аспирин.

В 1838 году итальянский химик Рафаэль Пириа выделил салициловую кислоту из ивовой коры. Осина относится к семейству ивовых *Salicaceae*, иве она двоюродная сестра, так что и в ней салицина достаточно, на его долю приходится пятая часть всех фенольных соединений коры. А ива еще горше осины.

Природный салицин, в отличие от его синтетического аналога, не раздражает желудочно-кишечный тракт. Однако некоторые специалисты советуют не принимать осину вместе с другими лекарствами, содержащими салицилаты.

Если осина так хороша, причем природные соединения лучше синтетических аналогов, перед нами встает проблема заготовки. Изводить на растительное сырье осиновые рощи не придется. Их и так вырубает: древесину используют как строительный материал, делают из нее бумагу и спички. При этом остается много отходов. Кору, сучья и листья выбрасывают, а ведь это потенциальный источник биологически активных веществ, в том числе противовоспалительных и противоязвенных. Не надо выбрасывать кору, надо ее использовать. Чем мы хуже бобров?

Н. Ручкина



РЕЗУЛЬТАТЫ: РОБОТЫ



Робокошка

Четвероногие роботы-собаки, а это туловище на четырех ногах с округлыми ступнями, давно не новость. Роботы с четырьмя ногами способны на многое, но есть серьезная проблема — они неустойчивы, до своих живых прародителей, например представителей семейства кошачьих, им далеко. Так, бегущий гепард на крутых поворотах помогает себе сохранить равновесие движением хвоста, а падающая кошка переворачивается в воздухе за счет гибкости позвоночника. Управляющие программы робота не согласовывают движения ног и туловища. Он устойчив, пока три его

ноги касаются поверхности, но очень неустойчив — когда две или одна.

Этот недостаток решили устранить инженеры из Университета Карнеги Меллон под руководством профессора Закари Манчестера (Zachary Manchester). Они впервые разработали систему, которая позволяет почти любой серийной робособаке стать робокошкой, то есть не падать при сильном толчке или идти по узкой деревянной балке.

Инженерам помогли космические технологии. Это так называемые реакционные колеса с моторами, которые ориентируют спутники на земной орбите за счет гироскопического эффекта, а также их программное обеспечение. Блок из двух быстро вращающихся в перпендикулярных

направлениях маховиков легко укрепить на спине большинства коммерческих роботов. Умная программа быстро изменяет угловой момент робота для возвращения устойчивости при выведении его из равновесия.

Профессор Манчестер сообщает, что исходные управляющие программы робособаки не пришлось сильно изменять. Математическую модель спутника просто интегрировали в стандартный серийный алгоритм. Теперь он учитывает гироскопные силы дополнительно к реакциям четырех опор.

Тесты показали способность робота массой 4,3 кг сохранять устойчивость при внезапных выведениях из равновесия, например при ударах.

Инженеры даже роняли его вверх ногами с высоты в полметра. Он переворачивался и падал на ноги. Также он ходил по бруску шириной в 6 см, что прежде было немыслимо. Видео этих экспериментов есть в Интернете.

Профессор предсказывает, что такие надежные друзья вскоре станут, подобно дронам, доступным коммерческим продуктом. Робокошек можно будет использовать в спасательных и поисковых операциях. И не только.

Сейчас инженеры работают над дальнейшим повышением устойчивости робота, надеясь достичь уровня животных.

Робогусеница

Движение гусеницы определяют ее сцепление с поверхностью и локальная кривизна ее тела, которая различна при перемещении вперед или назад. Эта биомеханика вдохновила инженеров из университета штата Северная Каролина на создание робота-гусеницы в виде плоской ленты. Он демонстрирует новый для мягких роботов способ передвижения. Работой инженеров руководил профессор Эндрю Адамс (Andrew A. Adams).

Лента робота-гусеницы состоит из двух полимерных слоев. Нижний слой при нагреве укорачивается, верхний — удлиняется. В надслой погружены нагреватели из серебряной нанопроволоки, соединенные в секции. Их локальным нагревом можно управлять, подавая электрический ток разной величины. Программируемый нагрев секций заставляет гусеницу изгибаться и ползти.

Опыты показали, что есть разные режимы движения. Робот может пролезать в щели под низкими преградами, например под дверьми, и ползти в двух направлениях — вперед и назад. Баланс трения между передней и задней частями изогнутой ленты определяет курс перемещения.

Чем сильнее ток, тем быстрее движется гусеница. Однако инженеры установили, что существует оптимальный цикл работы, когда полимерная лента успевает охладиться перед следующим изгибом.

Исследователи оптимизировали режимы управления и провели математическое моделирование движения.

В будущем инженеры планируют снизить потребление энергии гусеницей. Сейчас разработчики пытаются интегрировать в гусеницу сенсоры и другие технологии, применяемые при создании мягких роботов. Статья о роботе-гусенице появилась в журнале *Science Advances*.

Предельное упрощение руки

Человеческая рука очень сложна, поэтому полностью воспроизвести ее возможности инженерам очень трудно. Пока же большинство роборуки не способны даже к манипуляциям, которые легко выполняют малые дети. Например, они инстинктивно знают, как не разбить и не раздавить куриное яйцо. Безопасно и надежно захватывать объект неизвестной формы и гладкости роботы пока не умеют. Кроме прочего, роборука с силовыми приводами потребляет много энергии.

Сегодня мягкие материалы и элементы стали изготавливать трехмерной печатью. И это сильно расширило возможности роборуки. Недавно инженеры Кембриджского университета под началом профессора Фумия Иида (Fumiya Iida) трехмерной печатью создали мягкую руку, которая может выполнять сложные движения — несмотря даже на то, что не умеет двигать пальцами, оборудованными кожными сенсорами.

Оказалось, что захват пальцами не так уж необходим, чтобы удерживать объект. Достаточно придать неподвижным относительно друг друга пальцам форму корзиночки и управлять положением запястья. Такая рука удерживает разные объекты от падения лишь с помощью движения кисти как целого, которым управляет обучаемая программа. Информация 32 датчиков давления в коже трех рабочих пальцев позволяет заранее предсказать вероятность падения предмета, чтобы предотвратить его. Робот не требует много энергии.

Статья о нем появилась в журнале *Advanced Intelligent Systems*.

Команда провела более тысячи тестов роборуки. Перед этим ее тренировали на движениях человеческой кисти при захвате маленьких пластиковых мячиков. Затем робот тренировался сам. Тактильные сенсоры давления позволяли ему точно предвидеть момент сдвига, отрыва или скольжения мячика. После тренировки рука удерживала персик, компьютерную мышь, моток резиновой ленты и пр. В этих экспериментах робот смог надежно фиксировать 11 из 14 предметов.

Профессор Иида говорит, что такая предельно упрощенная роборука выполняет широчайший набор движений при низких затратах энергии. Это первая стадия разработки полностью приводной руки, которая потребует сложнейшего программного управления и его изощренной тренировки. На следующем этапе разработчики планируют добавить компьютерное зрение, а также расширить области применения руки и число удерживаемых ею предметов.

Схватить и узнать

Для надежного захвата предмета роботизированной руке требуется минимум три пальца. Однако надежный захват — это далеко не единственная цель. Важно также умение определять форму предмета. Для этого точные сенсоры, разбросанные по всей руке, должны быть прижаты к нему. Датчики невысокого разрешения современных роборуки обычно расположены на кончиках их пальцев, поэтому требуется несколько хватов, чтобы идентифицировать объект.

Пальцы современных роборуки имитируют природу. Твердую основу пальца, подобную скелетным костям, покрывают мягкими полимерными слоями. Жесткость основы нужна для поднятия тяжелых предметов, например электроинструментов. Мягкая кожа дает возможность брать легкие и хрупкие предметы, не портя их.

Таков и новый робот от Массачусетского технологического института. Трехпалая роборука создана под руководством профессора факультета мозга и когнитивных наук Эдварда Адельсона (Edward Adelson). Робот способен не только захватить предмет, но и сразу определить его форму за счет чувствительности пальцев по всей длине.

В мягком слое пальца, под его прозрачной силиконовой кожей, расположены высокоразрешающие оптические датчики с видеокамерами, которые собирают информацию о форме зажатого объекта. Сенсоры одновременно получают данные о многих его частях. В результате в 95% случаев один хват дает возможность определить геометрию объекта.

В качестве датчиков инженеры взяли серийные оптические сенсоры GelSight, ранее разработанные в лаборатории профессора Адельсона. Области их зрения, по две на каждый палец, перекрываются, поэтому поле обзора непрерывно по всей длине пальца. При захвате объекта видеокамеры фотографируют изображения кожи, созданные цветными фотодиодами, освещающими ее изнутри. Световую картину на поверхности кожи обрабатывает алгоритм с искусственным интеллектом, обученный распознавать предметы.

При изготовлении кожи инженеры успешно преодолели проблемы отслаивания силикона. Его сделали неоднородным за счет включений, а морщинки на его поверхности прибили ему долговечности.

Создатели робота планируют добавить датчики на ладони, которые повысят его точность. Инженеры также усовершенствуют материал кожи и нарастят число приводов пальцев, чтобы они были более подвижными. Авторы надеются на промышленные применения руки. Кстати, их разработку частично финансирует автоконцерн «Тойота». Робот может быть полезен и людям с ограниченными возможностями, так как поможет им перемещать разные предметы. Статья о работе выложена в открытый доступ на агрегаторе научных работ arXiv.

Робот угадывает намерения

Люди постоянно прогнозируют поведение, цели и желания других, пусть не всегда осознанно. Эта черта критична для социального взаимодействия живых существ. К примеру, каждый, кто собирал мебель с партнером, знает, что разные люди выбирают разную последовательность действий. Одни начинают с самых трудных этапов, другие — с самых легких.

Задача научить прогнозированию роботов пока не решена. Но обязательно будет решена, если мы хотим заполучить реальных помощников в работе и быту, которые станут подстраиваться под наши личные манеры поведения и способы решения практических задач. Робот-помощник обязан постоянно предугадывать, что будет делать человек. При сборке мебели, к примеру, робот должен уметь заранее приготовить детали и инструменты, например отвертку или гаечный ключ.

Инженеры Университета Южной Калифорнии, которыми руководил профессор компьютерных наук Стефанос Николаидис (Stefanos Nikolaidis), научили робота предсказывать намерения человека при сборочных работах. Большинство современных методов обучения роботов требуют продемонстрировать ему, как он должен собрать предмет. При длительной сборке сложной техники это неразумно. Необходимое время и усилия могут свести на нет все выгоды обучения машины.

Авторы решили выделить единые привычки сборщика при компоновке разных объектов. К примеру, если при сборке кровати из Икеи вы начинаете с самого сложного, то, скорее всего, поступите так же и при сборке велосипеда. Поэтому авторы работы придумали небольшие сборочные задачи, названные ими каноническими. Их люди могли выполнять легко и быстро. Такой подход разделения сложных задач на элементарные универсален и не зависит от рода работ.

Для обучения робота использовали сборку простейшей модели самолета, к фюзеляжу которого надо было прикрепить крылья, хвост и пропеллер. Наблюдавшая за сборкой видеокамера робота могла легко узнавать детали по специальным меткам на них. В результате обучения система с вероятностью 82% предсказывает действия, которые предпримут люди в тех или иных ситуациях.

Авторы уверены, что их ИИ может не только облегчить работу, но даже «установить дружбу между людьми и роботами». Новую технологию можно применять при массовой сборке различных конструкций на производствах. Здесь она снизит травматизм и сэкономит время. Быстро и эффективно обучаемые роботы-помощники смогут помочь инвалидам в решении их бытовых проблем. Авторы замечают, что их цель не в замене работников, а в увеличении безопасности и производительности на гибридных производствах, в том числе вредных.

В будущем исследователи хотят придумать алгоритм, который будет автоматически создавать простые канонические задачи для различных видов сборочных работ. Роботы будут помогать людям во всем, от постройки спутника до накрывания стола. Инженеры также планируют сосредоточить свои усилия на бытовых задачах.

Профессор уверен, что его робот сможет быстро изучить предпочтения человека при готовке еды, перестановке мебели, мелком домашнем ремонте. Контакт с такими думающими роботами людям будет гораздо легче, чем с необучаемыми. Работа признана лучшей на Международной конференции по взаимодействию человек — робот (HRI '23), прошедшей в марте этого года.

Выпуск подготовил
И. Иванов



Расследование

Сергей Кутейников

Сера — за коня

О чудесах Индии, нравах ее народа поведал тверской купец Афанасий Никитин, совершив в далеком XV веке путешествие, получившее название «Хождение за три моря». Но прежде чем попасть в Индию, он более года блуждал по городам Ирана. Считали, что купец метался в раздумьях, какой путь выбрать в Индию. Но нет. Он занимался совсем другим. Чем? Поищем ответ в записях самого путешественника.

Грабеж или конфискация

Путешествие тверского купца не задалось с самого начала. Он отправился из Твери на одном судне с друзьями-негоциантами вниз по Волге. В Нижнем Новгороде они присоединились к посольскому кораблю, на котором посол ширваншаха Хасан-Бек возвращался из Москвы в Шемаху, столицу небольшого прикаспийского государства, которое располагалось на территории современного Азербайджана.

Небольшой караван из двух судов без проблем сплавился до низовьев Волги, прошел по левому

рукаву, Ахтубе, и мог бы, минуя Астрахань, выйти в Каспийское море. Не тут-то было. К посольскому кораблю пристала лодка с тремя местными. Они поднялись на корабль и сообщили, что впереди ждет засада, мол астраханский правитель Касим-хан лично останавливает суда и грабит. Впрочем, слово «грабит» не подходит для первого лица государства, скажем так: «взимает таможенные пошлины».

Хасан-Беку совсем не хотелось делиться со своекорыстным Касим-ханом. Из Москвы в Шемаху посол вез драгоценные подарки, в их числе 90 кречетов — птиц, высоко ценимых при любом дворе, где увлекались соколиной охотой.

Маршрут меняют, корабли гребут вверх по рукаву Бузан и входят в основное русло Волги. Чтобы облегчить ход перегруженного товарами тверского судна, часть его пассажиров и Афанасий Никитин с ними переходят на посольское судно.

Астрахань решили проплыть ночью, но их там ждали. Вот как описывает ситуацию Никитин: «Плывем мы мимо Астрахани, а луна светит, и царь нас увидел, и татары нам кричали: «Кочма — не бегите!». А мы этого не слыхали и бежим себе под парусом. За грехи наши послал царь за нами всех своих людей. Настигли они нас на Богуне и начали в нас стрелять. У нас застрелили человека, и мы у них двух застрелили. А меньшее наше судно у езда застряло, и они его тут же взяли да разграбили, а моя вся поклажа была на том судне».

В этом описании все понятно, кроме слова «езд», у которого тверское торговое судно застряло. Езд — это рыболовное заграждение, закол, этакая сооруженная в реке стенка из прутьев, в которой оставляют проходы для рыбы. Проходы заканчиваются ловушками, вершами, в которые попадает рыба. По воле случая в ловушку для рыб попало русское торговое судно. Темно было, не заметили, напоролось на заграждение.

Судьба большого посольского судна не была счастливой. Тверской купец свидетельствует: «Дошли мы до моря на большом судне, да встали на мели у устья Волги, и тут они нас настигли и велели судно тянуть вверх по реке до езда. И судно наше большое тут пограбили, и четыре человека русских в плен взяли, а нас отпустили голыми головами за море. А назад вверх не пропустили, чтоб вести не подали...»

На этом злоключения не закончились. Суда вышли в Каспийское море. Разыгралась буря. Малое тверское судно сильно потрепало и прибило к западному берегу. Здесь его разграбили кайтаки (не лучшие представители народа, проживавшего на территории современного Дагестана). Путешественников пленили. Посольское судно благополучно дошло до Дербента. Там Никитин узнал о злоключениях своих товарищей.

Хасан-Бек и тут помог. Послали скорохода в Шемаху доложить ширваншаху Фаррух-Ясару. Тот отправил гонца к кайтакскому князю Халилбеку с просьбой

отпустить русских купцов. Князь просьбу выполнил, русских отпустил. Тогда купчишки осмелели и обратились к самому Фаррух-Ясару: дескать, остались без товаров, заплатите нам хоть какую компенсацию. Ширваншах разгневался, выгнал просителей прочь.

«И разошлись мы, заплакав, кто куда: у кого что осталось на Руси, тот пошел на Русь; а кто был должен, тот пошел куда глаза глядят...» — рассказывает Никитин.

Мазендеран

Афанасий Никитин назад на Русь не вернулся. Он пешком добрался до Баку, оттуда на корабле в иранский город Чапакур, северные каспийские ворота Мазендерана — исторической области, вытянувшейся узкой полосой вдоль южного побережья Каспийского моря.

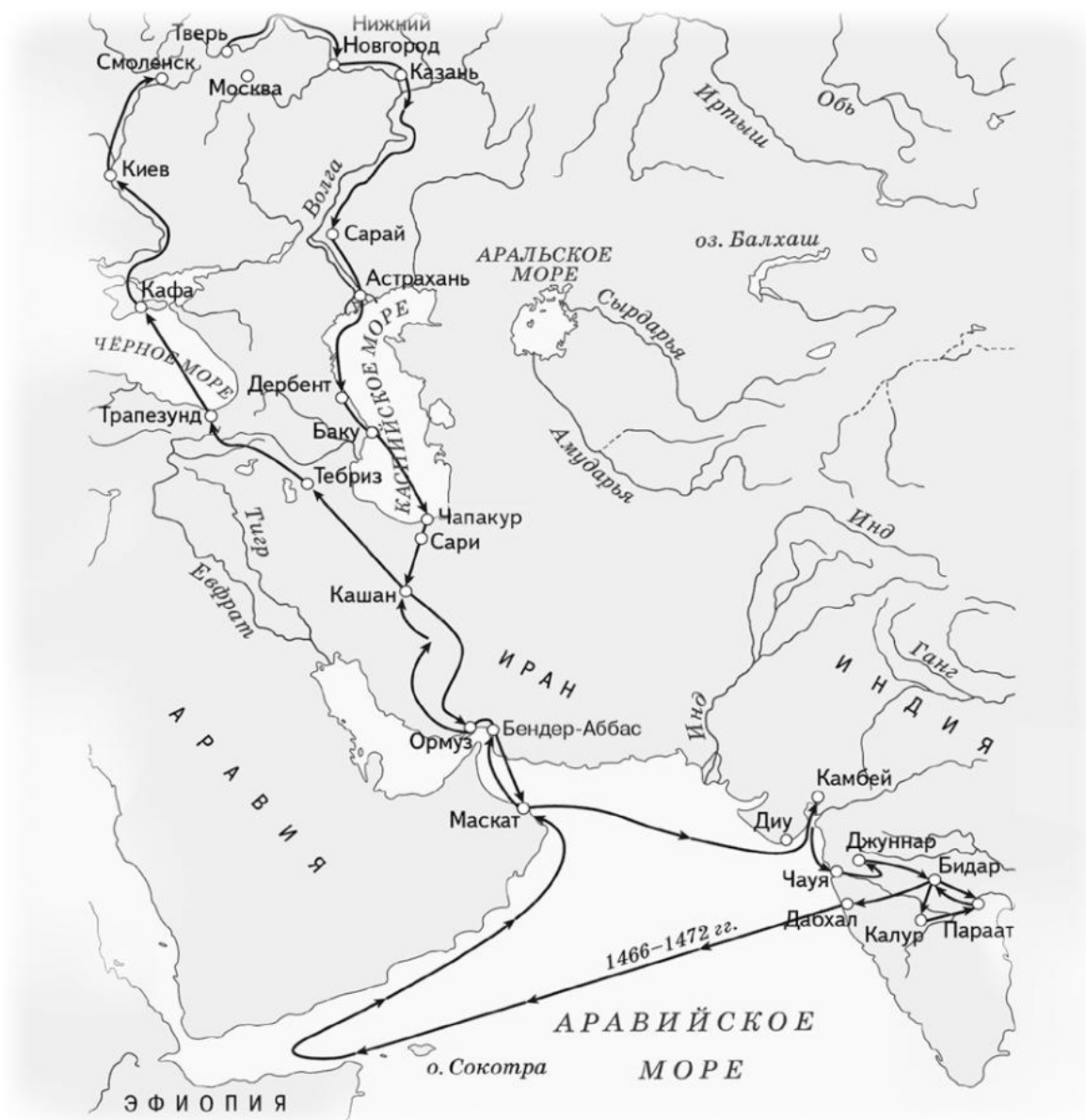
Прошел год скитаний, путешественник в Чапакуре, за 4500 километров от дома. В Чапакуре Никитин пробыл шесть месяцев. Продолжительная остановка. Здесь он встретил первую за пределами Руси Пасху.

Из Чапакура Афанасий Никитин направляется в Сари, ныне это административный центр Мазендерана, и останавливается там на месяц.

К моменту приезда Афанасия Никитина Сари переживал очередной период расцвета. Жизнь в городе кипела, на рынках шла бойкая торговля как привозными, так и местными товарами. Благополучие горожан зиждилось на плодородных полях округи. Здесь разводили хлопок и пшеницу. Из Сари Никитин переехал в Амоль, второй крупный центр Мазендерана, и остановился здесь на месяц.

Итого на территории Мазендерана Никитин провёл около восьми месяцев. Чем он там занимался? Интересное мнение по этому поводу высказал историк М.Н. Тихомиров: Афанасий Никитин обдумывал план, каким путем идти в Индию, и в качестве варианта рассматривал маршрут через Среднюю Азию. Восемь месяцев думал?

Гораздо проще представить, что купец занимался тем, чем и должен заниматься, — торговал, совершал небольшие коммерческие поездки. Цель любого коммерсанта — приращение капитала. Однако капитал Афанасию был нужен не сам по себе, а как средство для продолжения путешествия. Но откуда у Никитина средства, раз он потерял весь свой товар на Волге? Исследователи «Хождения за три моря» обходят этот вопрос. А вот писатели, сценаристы заполняют пробел своей фантазией. Например, К. Кунин в книге «За три моря» утверждает, что у Афанасия была нитка жемчуга и он, дескать, по жемчужине продавал, на что и жил, и торговал. Нитка жемчуга появляется в фильме 1958 года «Хождение за три моря». Жемчуг Никитин меняет на коня. Хороший ход, но научно не обоснованный. Поэтому, скажем так: какие-то средства у Никитина после грабежа явно оставались.



Место Е-220

Из гостеприимного Мазендерана Афанасий отправился в глубь Ирана, но не прямой дорогой строго на юг, а окольным путем, отклонившись на восток к Демавенду, населенному пункту возле одноименной горы Демавенд — высшей точки горного массива Эльбурс, 5610 метров над уровнем моря.

Демавенд — гора необычайной красоты, очень похожая на японскую Фудзияму. Схожесть не случайная. Обе горы вулканические. Однако Фудзияма — действующий вулкан, а Демавенд — потухший.

Известно: где вулканы, там и сера. У подножия горы находился рудник, в котором добывали серу и свинец. И то, и другое на юге жизненно необходимы. Серным дымом окуривали сушеные фрукты и финики, тем самым консервируя их для длительного хранения. Соединения серы убивают микроорганизмы и грибки, к тому же замедляют потемнение сухофруктов. В современной

пищевой промышленности для этих целей используют добавку Е-220 — диоксид серы. Если вы видите аппетитные сушеные фрукты, например ярко-оранжевый урюк, не сомневайтесь — его, как и во времена Афанасия Никитина, обработали диоксидом серы.

В глубь Ирана

В Демавенде Никитин не задержался. Он едет в Рей — город, расположенный в окрестностях современного Тегерана, столицы Ирана. Далее его путь лежит в Кашан, где опять остановка на месяц. Что это за город?

Географическое положение Кашана было очень выгодным. Город лежал на перекрестке торговых путей. Через него проходил один из вариантов главного торгового маршрута Азии — Великого шелкового пути. По этому пути в Кашан пришла технология производства шелка. Кроме того, здесь производили хлопчатобумажные ткани — полосатые и клетчатые, — они

пользовались большим спросом по всему арабскому миру. Изготавливали кашанцы дорогой бархат, парчу и любимую на Руси шелковую узорчатую камку.

А еще в окрестностях Кашана добывали белую глину — каолин, пригодную для производства фарфора. Однако кашанцы нашли собственные технологические и художественные решения. Их фаянсовая посуда ценилась по всему Ирану, а особой популярностью пользовалась «каши» — глазированная плитка для облицовки зданий. Кашанские мастера знали секрет бирюзовой глазури и росписи керамики люстром — пигментом, состоящим из оксидов серебра, меди, других металлов; он после обжига дает благородный перламутровый или золотистый блеск.

Из торгового, культурного Кашана Афанасий Никитин продолжает путешествие на юг в следующий торговый центр — Йезд. Он выбирает не обычную дорогу через Исфахан, а восточный путь через Наин — небольшой город, расположенный на западной окраине большой солончаковой пустыни Деште-Кевир...

От Кашана до Йезда две недели караванного пути. Грузные верблюды идут медленно — 30 километров в день. Остановки на ночь и продолжительный отдых в маленьком городке Наине. Дальше караванная тропа идет по окраине пустыни Деште-Кевир. Слева видны горы, справа бесконечные холмы и котловины, заполненные грязевыми болотами. Летом грязь высыхает, превращается в растрескавшуюся корку — такры.

С караваном Афанасий Никитин прибыл в Йезд — крупный торговый город в оазисе, окруженном горами. Удачно расположен Йезд. С одной стороны — на караванных путях из Индии в Малую Азию и с побережья Каспия к побережью Индийского океана. И в то же время Йезд оказывается в стороне от главных торговых магистралей Средневековья. И важный караванный путь от Аравийского моря до моря Каспийского, и западный, через Исфахан и Шираз, да и основной маршрут Великого шелкового пути минует Йезд севернее. Большая географическая неудача не раз оказывалась выгодой. Город не разграбили армии Чингисхана. Жестокий завоеватель Тимур прошел мимо. А вот купцов и путешественников Йезд притягивал как магнитом.

«Это большой, красивый город, — делится впечатлениями Марко Поло, посетивший Йезд в 1272 году и открывший причину его притягательности. — Много шелковых тканей тут выделывают; купцы торгуют ими с большой прибылью по разным странам».

В оазисе Йезда главной отраслью было шелководство, и городское население в основном состояло из ткачей, которые отгружали до 20 тысяч выюков шелковых тканей ежедневно. Йезд снабжал шелком весь Ближний Восток. Его ткани шли на Русь. В эти шелка рядилась русская знать.

Афанасий Никитин, как следует из текста «Хождения», — был большой знаток тканей. И вот он попал в текстильную столицу. Насколько важно для него это? Похоже, у путешественника другие интересы: из Йезда

Афанасий Никитин едет в Сирджан — исторический центр области Керман. В окрестностях Сирджана хорошо развито земледелие. Здесь выращивали пшеницу, хлопок, финики — важнейшие товары экспорта.

Никитин не был экспертом в области сельского хозяйства, его не интересовали урожаи. Однако, рассматривая часть маршрута Афанасия Никитина по Ирану: Демавенд — Сирджан, можно обнаружить причинно-следственную связь.

Сирджан — центр сельского хозяйства, место сбора фиников и прочих плодов. Демавенд — место рождения серы, пары которой используют для консервации сухофруктов. Почему бы не предположить, что Афанасий закупил в Демавенде партию серы для последующей продажи там, где этот товар нужен? Таким местом был Сирджан. Отсюда следует, что Никитин был в Сирджане летом и в начале осени — во время сбора и сушки плодов. Он оставался там, пока не распродал весь товар. После чего тверской купец стремится далее на юг.

Читая классику

Вспомним «Одиссею» Гомера в переводе В.А. Жуковского. Обращаю внимание на один интересный момент. Одиссей после кровавых разборок с женихами, которые донимали его жену Пенелопу, говорит Эвриклею (престарелой няне): «Немедля, няня, огня принеси и подай очистительной серы...» Серы?..

Переводы Жуковского хвалили за художественность, которая достигалась в ущерб точности. В первоисточнике:

«Одиссея». Песнь 22, строки 481 — 484:

*«οἷσε θέειον, γρη῏, κακῶν ἄκοσ, οἷσε δέ μοι πῦρ,
ῶφρα θεειώσω μέγαρον: σὺ δὲ Πηνελόπειαν
ἐλθεῖν ἐνθάδ' ἄνωχθι σὺν ἀμφιπόλοισι γυναιξί:
πάσας δ' ὄτρυνον δμῶας κατὰ δῶμα νέεσθαι».*

Перевод их следующий:

*«Серы мне, старая, дай очищающей, дай и огня мне.
Нужно зал окурить. Сама ж к Пенелопе отправься
И передай, чтоб спустилась сюда со служанками вместе.
Всем домовым рабыням скажи, чтоб явились немедля».*

Действительно Одиссей требует серы, чтобы окурить помещение перед приходом туда Пенелопы. Выходит, что свойства паров серы знали уже древние греки. «Сера очищающая» — такую характеристику вкладывает автор «Одиссеи» в уста главного героя... Впрочем, наш герой жил в другую эпоху, продолжим следовать его маршрутом.

Покупка коня

Из Сирджана в Ормуз идут две дороги. Одна через Шираз, вторая — через Таром. Афанасий выбрал вторую. Уже в Индии он вспоминает и пишет о дорогах: «на Ширазе сель, и земля ся не окрепла». Речь идет

о том, что после дождя глиняные такры размокают. Потоки глины начинают течь с гор. Сель — это поток, в котором глина, ил и лёсс.

Выходит, что природные условия могли определить маршрут тверского купца. Однако историк Л.С. Семенов считает, что была «другая причина — Афанасию Никитину нужен был отменный конь, и это привело его на юго-восток Ирана».

Считалось, что Никитин приобрел коня в Ормузе и повез его продавать в Индию. Сам путешественник рассказывает, что продал коня на Рождество в первый год своего пребывания в Индии, и добавляет: «а кормил его год». В Ормуз Никитин прибыл весной того года. «Значит, коня он приобрел, скорее всего, в Тароме или около тех мест», — делает вывод Л.С. Семенов.

В Тароме, где, по словам Марко Поло, «большие рынки, плодов и фиников вдоволь», Афанасий впервые обращает внимание на стоимость фиников: «батман по 4 алтыны». Батман — неопределенная мера веса. Она составляла от 3-х килограмм до нескольких пудов, в зависимости от региона.

Алтын в XV веке — счетная денежная единица, соответствующая 2,7 граммам серебра. В алтыне было 6 денег (московок), отсюда, как считали В.Н. Татищев и В.И. Даль, пошло и название «алтын»: от татарского «атын» — шесть, а не от татарского же «алтын» — золото. В отношении других русских валют алтын составлял 4 тверских деньги, 3 новгородских или 2 рязанских. Афанасий легко конвертировал разные валюты, пользуясь переводом в алтын и обратно. Так 4 алтына соответствуют 16-ти тверским деньгам. Большая цена. Видимо, батман в Тароме был максимальным, многопудовым, ведь это цена от производителей. Но зачем Никитину столько фиников?

Ответ прост. Его дает сам путешественник: этими финиками он кормил коня. Конь — единственная крупная покупка, о которой Афанасий Никитин рассказал в «Хождении». Он купил коня с целью перепродажи в Индии. Почему он сделал именно эту покупку? Да потому, что узнал, что кони — наиболее выгодный товар для Индии.

Он приобретает товар, которым торгуют наиболее успешные купцы, то есть поступает, как другие. В современном менеджменте такая концепция называется бенчмаркинг или эталонное оценивание. Она опирается на ключевые вопросы. Как это делают другие? Каких результатов они достигают? Центральная проблема такого сравнения — получить надежную информацию, ведь никто не заинтересован в разглашении своих данных, особенно в условиях конкуренции.

Исходя из концепции бенчмаркинга, становятся понятными многие действия Никитина. Он подолгу останавливался в больших торговых городах Мазендерана. Этого времени видимо было достаточно, чтобы изучить товары, цены и спрос рынка. Он покупает какие-то мелкие товары, перепродает их уже

на рынках следующего города, увеличивая капитал. В результате в Демавенде Афанасий, что очевидно, покупает партию серы, и поведение его меняется. Четко определяется направление на юг. До этого маршрут путешественника, прочерченный на карте, представляет пилообразную линию, словно мы видим графическую запись метаний. Поэтому некоторые исследователи решили, что целью поездки был Мазендеран, другие посчитали, что купец метался в раздумьях, какой путь выбрать в Индию. Нет. Он занимался мелкой торговлей, используя стратегию бенчмаркинга.

Логика путешествия

Итак, внимательное прочтение «Хождения» показывает, что после Демавенда поведение Никитина изменилось. Он минует небольшие города, но подолгу останавливается в крупных сельскохозяйственных и торговых центрах, где производят большие партии сухофруктов и где сосредоточен капитал, а значит, можно получить достойную цену.

Расстояние — важный фактор в формировании цены. Чем дальше от места производства товара, тем он становится дороже. Афанасий вывез свой товар — серу далеко на юг, в плодородный Сирджан. В результате этой коммерческой операции денег хватило на дорогостоящую покупку — коня. И средства должны были остаться для содержания этой покупки и для продолжения путешествия.

Когда речь идет об Иране, Афанасий с бухгалтерской точностью описывает маршрут, но ничего не пишет о рынках и товарах. Почему? Ответ напрашивается сам собой: тверской купец скрывал сведения от возможных конкурентов, то есть намеревался сюда вернуться еще раз с чисто коммерческими целями. Жизнь распорядилась иначе.

Он пересек Аравийское море, достиг Индии. Продал там коня. Денег хватило на проживание в Индии и на обратный путь. Вернуться в родную Тверь, впрочем, ему было не суждено: хождение закончилось в Смоленске.



Сто миллионов лет рельефа

Поверхность Земли формирует эрозия ее ландшафтов, тектонические движения и осадочные породы. Их по большей части перемещают реки и выносят в моря. История развития поверхности планеты крайне важна, например, для геологов. Наконец-то они получили ее в удивительной полноте — в виде самой точной модели рельефа за последние 100 миллионов лет. Этот набор карт высокого разрешения (10 км) с шагом в миллионы лет подготовила группа французских и австралийских геологов во главе с доктором Тристаном Салье (Tristan Salles) из Сиднейского университета.

Модель совмещает палеонтологические данные и реконструкции палеоклимата с учетом исторической последовательности наслоений земной коры. Впервые ученые наглядно показали, как миллионы тонн осадочных пород сносились в океан и поэтапно создавали современный ландшафт. Работа опубликована в журнале Science.

Доктор говорит, что до сих пор наши знания о том, как формировалась поверхность планеты, были эпизодическими и фрагментарными. До публикации новых карт не существовало подробной и непрерывной модели, которая описывала бы взаимодействие между речными бассейнами, глобальной эрозией и накоплением осадков. Беспрецедентно высокое разрешение пригодится климатологам и геологам, которые особенно интересуются динамикой перевода осадков в океан.

Доктор Салье отмечает, что их захоронение связано с химией моря, которая постоянно меняется в связи с антропогенным глобальным потеплением.

Модель даст возможность выявить нестыковки в предыдущих интерпретациях геологической летописи, сохранившейся в осадочных породах, и проверить палеоклиматические реконструкции. Набор карт позволит проверить различные теории о том, как откликается Земля на изменение климата и постоянно меняющиеся тектонические силы. Модель поможет не только понять прошлое, но и предсказать будущие изменения рельефа. Ученые смогут протестировать различные теории биологической эволюции и биохимических циклов. Сейчас авторы модели работают над выяснением того, как транспорт осадочных пород влияет на углеродный цикл. Анимированную

модель может загрузить любой желающий.

Стоит отметить, что карты составлены исходя из представлений о движении континентов по поверхности планеты, которое началось с раскола единого континента Пангея. Впрочем, есть и другие теории. Но они приведут к другим моделям.

Земля плавится изнутри

Сейсмологи давно доказали, что под твердой корой нашей планеты есть слой пород сниженной вязкости. В них упругие волны распространяются с меньшей скоростью. Эта астеносфера, «слабая» оболочка Земли, подстилает литосферу на глубине порядка сотни километров и «зажата» между тектоническими плитами и верхней мантией.

Астеносфера играет фундаментальную роль в теории тектоники плит, поскольку граница с верхней мантией определяет их движение из-за конвекции мантийного вещества. В некоторых местах астеносфера расплавлена. Однако механизмы ее частичного плавления и снижения вязкости остаются загадкой.

Недавно группа ученых во главе с постдоком Хуа Юнлинь (Junlin Hua) из Университета штата Техас в Остине обнаружила, что частичное плавление астеносферы на глубине около 150 км отнюдь не эпизодично, а глобально. Геологи нашли прежде неизвестный слой расплава под тектоническими плитами, который занимает почти половину поверхности планеты. Ранее ученые считали области повышенной температуры аномалиями. Причины появления столь протяженного слоя расплава не ясны.

Авторы изучили скорости волн по данным мировой системы сеймостанций и установили нижние границы астеносферы на глубинах примерно в 150 км. Она обычно приурочена к областям повышенной температуры верхней мантии. Геологи считают, что частичный расплав астеносферы, скорее всего, не влияет на движение мантийных пород.

Один из соавторов работы профессор Торстен Бекер (Thorsten Becker),

который занимается динамическими моделями Земли, говорит, что выводы работы позволят сильно упростить расчеты его группы. Результаты исследования ставят под удар многие положения тектоники плит. Работа под названием «Низкоскоростная зона астеносферы соответствует глобальному частичному плавлению» появилась в журнале Nature Geoscience.

Поля легких газов

Геологам хорошо известно явление дегазации. Оно заключается в том, что некоторые газы, в том числе водород, гелий, азот, которые образуются глубоко внутри континентов, просачиваются на поверхность.

Самый легкий из газов нужен при производстве удобрений, в пищевой, угольной и фармацевтической промышленности. Сейчас почти весь водород производят газификацией угля и паровой конверсией природного метана. Однако существуют значительные подземные запасы водорода, которые могут стать его дополнительным источником.

Другой легкий газ, инертный гелий, важен для производства компьютерных чипов и высокотехнологичной электроники, магниторезонансных томографов и оптических волноводов, ядерных и криогенных исследований. В земных недрах гелий образуется при радиоактивном распаде тория, урана и их дочерних нуклидов. Обычно газ содержится в смеси других газов, его доля может достигать десятка процентов.

Почти весь промышленный гелий — это побочный продукт получения других газов. Его извлекают из нефтяного и природного газа. Производство обычно связано с выделением парниковых газов. Принято считать, что они усиливают глобальное потепление.

С введением в строй летом 2021 года Амурского газоперерабатывающего завода наша страна планировала обеспечивать более трети мировых поставок гелия. Этот завод работает на сырье Чаяндинского газоконденсатного месторождения. Здесь применяют технологии предварительного

мембранного извлечения гелия прямо на промысле. Сегодня гелий в дефиците, цены на него взлетели. Нынешнее глобальное сокращение поставок почти у кризисной точки из-за сложностей в международных отношениях.

Процесс дегазации полон загадок. Его теоретические модели предполагают, что легкие газы растворены в глубинной воде и их вертикальное перемещение в осадочных породах вблизи земной поверхности происходит за счет диффузии по насыщенным водой порам.

Работа канадско-английской группы ученых, выполненная под началом доктора Анрана Чена (Anran Cheng) из Оксфордского университета, предлагает новый подход, который объясняет, почему гелий задерживается недалеко от поверхности земли и создает так называемые гелиевые поля. Это коллекторы, пористые породы, богатые извлекаемыми запасами гелия в смеси с другими газами.

Ученые отмечают, что азот, поступающий из кристаллического фундамента, также образует газовые коллекторы. Он дегазирует в определенной пропорции к гелию и достигает высоких концентраций у оснований осадочных бассейнов. Как правило, редкие гелиевые поля сопутствуют высоким концентрациям азота.

До сих пор причины этого явления не были понятны геологам. Авторы доказали, что азот дегазирует вместе с гелием, и определили геологические условия появления пузырьков этих газов в скальных породах. Процесс такого просачивания требует сотни миллионов лет. Пузырьки поднимаются к поверхности до непроницаемых для них пород и собираются под такой покрывкой, чтобы образовать коллекторы. И они не содержат ни метана, ни диоксида углерода.

Модель дает возможность численно оценить водородные и гелиевые ресурсы в похожих внутриконтинентальных осадочных бассейнах по всему миру. На примере североамериканского газового бассейна Виллистона (Williston Basin) и с учетом закономерностей эволюции региона ученые показали, что уже 140 миллионов лет назад азот образовал здесь крупный газовый коллектор. По вычисленным на модельной основе концентрациям азота авторам работы

удалось правильно предсказать пропорцию гелия, который можно извлечь с километровых глубин.

Геологи надеются, что выводы работы помогут разведать новые запасы легких газов. Ученые также указывают на вероятные области расположения коллекторов водорода, поскольку он образуется из воды под действием радиоактивного гелия.

Главный вывод работы состоит в том, что слабопроницаемые для гелия и медленно наполняемые газами горные породы содержат существенные запасы газов, так необходимых человечеству. Эти коллекторы могут стать промышленным источником не только гелия, но и водорода. Правда, извлечь их можно будет всего один раз. Работа опубликована в журнале Nature.

Вихревой климатический проект

Как известно, земную погоду и климат делают океаны и моря, которые занимают более двух третей поверхности планеты. Всем знакомы крупные вихри, циклоны и антициклоны. Однако локальные атмосферные вихри над поверхностью океана представляют собой не менее интересные явления. Такая турбулентность воздуха имеет диаметры от нескольких метров до нескольких километров.

Особенно значимы для погоды вихри средних размеров, от 5 до 40 километров. До сих пор климатологи не обращали на них достаточно внимания, поэтому количественной информации о них пока не хватает.

В нынешнем году Евросоюз запускает новый расчетный проект, посвященный их роли в глобальном потеплении. Проект предложили и уже начали немецкие климатологи из Института полярных и морских исследований имени Альфреда Вегенера. Работами по применению суперкомпьютеров для развития расчетных моделей земного климата руководит профессор института Томас Юнг (Thomas Jung).

Ученые надеются построить целое поколение новых физических моделей погоды с высоким пространственным

и временным разрешением. В моделях будут учтены и открытые водные каналы среди морского льда, так как через них в атмосферу уходят мощные тепловые потоки. Спутниковые данные о динамике поверхности океана помогут вычислить движения воздуха над ним.

Для обработки, хранения и анализа результатов будет создан радикально новый софт. Профессор говорит, что для достижения планируемых результатов число операций используемого суперкомпьютера в день должно быть равно числу операций суперкомпьютера предыдущего поколения в пять лет. Томас Юнг добавляет, что «при этом надо, конечно, свести к минимуму энергопотребление и выделение углекислого газа».

В планах ученых также новые международные протоколы обмена данных, которые сделают климатическую информацию доступной всем интересующимся. Бюджет 17 партнерских организаций, из которых семь университетов, составит 10 миллионов евро. Проект начался 1 января и продолжится четыре года.

Дышать станет труднее

Нет, это не об очередном обязательном ношении масок. Под таким заголовком агентства научных новостей публикуют сведения о новой работе, посвященной модной проблеме. Это постоянно подогреваемая тема глобального потепления и его отрицательных последствий для человечества. Теоретическая работа настолько типична для парниковой науки, что пройти мимо нее невозможно.

Выполнена работа в штате США с самым экологически жестким законодательством. Руководил ею профессор факультета Земли и планетарных наук Калифорнийского университета в Риверсайде Роберт Аллен (Robert Allen). Основным автором работы, вышедшей в журнале Communications Earth & Environment, значится аспирант Джеймс Гомес (James Gomez).

Ученые оставляют в стороне загрязнение, вызванное деятельностью человека. Их интересуют естественные

поллютанты, которые пока невозможно контролировать и сокращать, а очень хочется. Климатологи уверены, что около двух третей из них происходят от растений. Все они выделяют летучие органические соединения, например терпены. Соединения после окисления дают органические аэрозоли. По мнению авторов, именно они вызывают повышенную детскую смертность, астму, болезни сердца и рак легких у взрослых.

В работе рассчитано, как увеличится концентрация твердых атмосферных частиц диаметром менее 2,5 микрон (PM2.5), если температура будет расти. К примеру, рост на 2° вызовет подъем концентрации на 7%. Повышение температуры на 4° прогнозируют к концу нашего столетия.

Пока аспирант утешает широкую публику тем, что растения полезны, так как они снижают содержание атмосферного оксида углерода. «Маленькие садики неопасны, их аэрозолей недостаточно», — говорит он. Но в глобальном масштабе получается наоборот.

По мнению авторов работы, второй из самых больших загрязнителей воздуха — это пыль пустыни Сахара. Климатологи считают, что интенсивность западных муссонов Африки должна нарастать. Они поднимут пыль пустыни, а другие ветра разнесут ее по Африке и доставят к Карибским островам и восточному побережью Америки.

Основной и ожидаемый результат расчетных моделей авторов статьи таков — чем выше температура, тем выше естественное загрязнение воздуха. «Чтобы дышать чистым воздухом, надо снижать выбросы углекислого газа», — считает аспирант Гомес. И конечно, надеется на скорые правительственные решения по этому вопросу, потому что время не терпит. И это еще не предел, так как в работе не учтены лесные пожары. Поэтому сейчас этот ученый рекомендует обзавестись очистителем воздуха.

Таков уровень разработки научных проблем в современной климатологии, которая не умеет уверенно предсказать погоду даже на неделю вперед. Он, по видимому, связан с щедрой грантовой поддержкой исследований по теме глобального потепления.

Выпуск подготовил
И. Иванов



Писатель и радио — вот это встреча! Максим Горький в Нижегородской радиолaborатории имени В. И. Ленина, 1928 год

История современности

Л. Ашкинази

Радио и любовь

У всякого хобби есть, скажем так, теневая сторона. У радилюбительства такая теневая сторона — радиопираты и радиохулиганы. О них мы когда-то писали, а теперь давайте обратимся к радилюбительству в целом. Это могучее течение, которое всегда было переплетено с историей страны и историей техники. Посмотрим, как и почему оно было устроено и эволюционировало, к чему оно на данный момент пришло и какое будущее просматривается. Для начала мы обратились к Интернету, в котором нас подстерегала неожиданность.

Найти свое место

К Интернету мы обратились с запросом — «радилюбительство» и «история». В Википедии вместо статьи обнаружился жалкий огрызок, в Луркоморье — великолепная статья, большая и подробная, к сожалению, с ненормативной лексикой, которую мы не любим. Но вот дальше произошла неожиданность. Приличных статей о радилюбительстве нашлось немного, история в большинстве из них упоминалась еле-еле, а всерьез она рассматривалась лишь в некоторых материалах, причем они относились только к одному направлению радилюбительства — именно, к радиосвязи. И это было не случайно.

Радиолобительство — это одно из многочисленных человеческих хобби. Оно отличается тем, что это любительская деятельность, номинально связанная с радиотехникой, фактически — с радио- и электротехникой, а нынче и правильнее — с электроникой, радио и обслуживающими их электротехникой и физикой. Границы тут провести трудно, да и между любительской и профессиональной деятельностью границу тоже провести не всегда просто — любитель может быть профессиональнее профессионала. Признаком профессиональной деятельности часто считают использование для заработка, но это нынче размыто.

С точки зрения психологии радиолобительство отличается от прочих любительств охватом мотивов. Вот основные пять мотивов, которые в разной степени охватываются любым хобби, — «что-то получить», «что-то сделать самому», «поддержать контакт с внешним миром, например промышленностью», «что-либо узнать» и «пообщаться с себе подобными». У разных хобби эти мотивы выражены в разной степени — у коллекционеров марок, монет, вообще чего угодно, обычно нет второго и третьего мотива, или они слабы. У выращивания чего-либо красивого или вкусного на даче нет четвертого и пятого мотивов, или они менее выражены. У радиолобительства есть все пять факторов, то есть радиолобительство универсальнее. Каждый может найти внутри этого большого хобби свое личное, наиболее психологически комфортное место.

Любительское и профессиональное вообще часто взаимодействуют; например, строительство и ремонт своими руками — через инструменты и технологии. История радиолобительства тесно связана с историей радиопромышленности, и, хотя данная статья не посвящена истории промышленности, иногда придется ее коснуться. Кроме того, взаимодействие любительского и профессионального происходит через детско-юношеское увлечение наукой, которое может — при разумном, взвешенном и осторожном подходе — укрепить образовательная система или родители.

Части и области

Что мы увидим, если посмотрим на мир радиолобительства в целом? Мы увидим, в самом первом приближении, три основные области деятельности, прямо опирающиеся на психологию человека, и две, можно сказать, служебные — итого пять. По эмоциям и страстям основные были, конечно, сильнее служебных — именно из-за роли психологии. (Попутно — автор этой статьи был вовлечен лишь в одну из основных и одну из служебных, так что мой взгляд — это взгляд отчасти со стороны.)

Первая из этих пяти областей деятельности радиолобителей — именно радиосвязь, возможность хоть чуть-чуть, хоть на технические темы и о погоде, но пообщаться с людьми из других стран. Радиосвязь была всегда самой психологически, а в СССР и политически, нагруженной частью радиолобительства. В радиосвязи привлекало то, что это был способ общения с людьми из других стран, хоть и при ограниченной требованиями «органов» тематике, хоть и с разрешения, и под надзором. Допускался

разговор строго на технические темы, сообщение, на какой аппаратуре работаем; за разговор на другие темы можно было поплатиться. Остальными видами радиолобительства можно было заниматься, относительно мало общаясь с людьми, хотя в большинстве случаев общение с людьми, с коллегами по хобби, было активным.

Возможно, что смесь общего интереса к миру, ощущения, что государство слишком много прячет от людей, и недостатка простого человеческого общения привела к распространению такого хобби, как изучение эфира и нахождение всяких служебных станций. Спросите Интернет «загадочные радиостанции» и получите удовольствие. Впрочем, чисто слушательское отвлечение есть и у любительской радиосвязи, там это называется «радионаблюдатель».

Вторая область деятельности — это звук, возможность слушать музыку или песни, причем не «по заявкам радиослушателей», а все, что хочется. Звук надо откуда-то взять, его надо записать и воспроизвести. Что касается взять, то источников было три: эфир, то есть радиопередачи; пластинки («винил»), привезенные из-за рубежа теми, кто имел возможность там бывать и что-то привозить (дипломаты, спортсмены, моряки, иностранные студенты); записи, сделанные или добытые коллегами по хобби.

Для записи использовали магнитофоны; иногда употребляется термин «магнитоиздат» — по аналогии с самиздатом, но словечко не прижилось. Кроме того, существовали — суперэкзотика — самодельные аналоги пластинок. Радиолобители делали установки для записи на рентгеновской пленке в качестве носителя, то есть, по сути, — изготавливали пластинки. Пленку выпрашивали в поликлиниках, бытовало выражение — «запись на костях».

Что касается качества звука, то было отдельное направление — установки для точного воспроизведения, это была техника hi-fi (от high fidelity), позже ее стали называть high end. Психологически воспроизведение было

▼ Одна из страниц книги — истории радио. Радиоприемник А.С. Попова, 1897 год

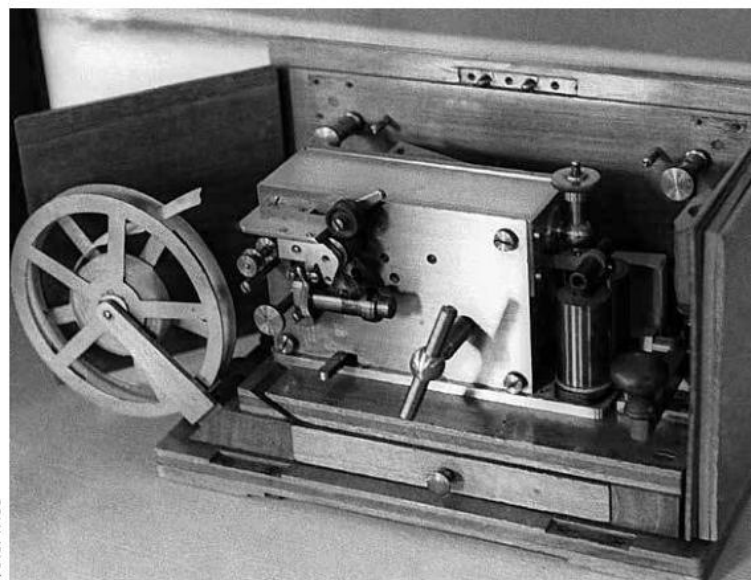


Фото: ТАСС



Фото: Свигонос Г./Фотохроника ТАСС

▲ Судя по микрофону, наушникам и ручке в руке — есть связь. Спортсмены коллективной радиостанции вильнюсского завода радиокомпонентов, 1984 год

отдельным направлением радиолюбительства, поскольку создателей таких установок (за рубежом их производили промышленно) интересовало не услышать то, что слушать не полагалось, а качество звучания. Они гордо говорили «бескомпромиссное качество», проводили свои выставки, выпускали свои журналы, несколько раз публиковали статьи автора этой статьи (чем он очень гордится) и полагали, что серьезный усилитель должен стоить несколько тысяч, а полный комплект аппаратуры — несколько десятков тысяч. Естественно, не иен.

Третья область деятельности — это слушание «вражьих голосов», была даже поговорка «Есть обычай на Руси — ночью слушать Би-би-си». В СССР вражьи голоса глушили, причем весьма изощренно, не шумом, даже широкополосным, а наложением нескольких потоков речи. Однако иногда не глушился сигнал на диапазонах, которых не было в обычных приемниках, то есть на волнах короче 25 метров, или вообще вне обычных поддиапазонов.

На черном рынке, причем обычно «по рекомендации» или после тщательного прощупывания, можно было купить приемник, который не был «обычным», или договориться с кем-то, кто сделает тебе такой, или — включить голову, и паяльник в руки. Почему-то в комиссионные радиомагазины (в Москве было три) иногда попадали приемники «Казахстан» с узлов связи, они имели непре-

рывное перекрытие коротких волн от 100 до 16,5 метров и приличную чувствительность. По очень хорошему знакомству можно было купить «с рук» и Р-250, списанный из воинской части.

Четвертая область деятельности радиолюбителей — приборы. Любая радиолюбительская деятельность требует приборов. Купить в магазине тестер было можно, остальное же надо было добывать, ну, вы меня понимаете... или делать самим. Тут возникает философско-технический вопрос — если сложную радиоаппаратуру невозможно наладить без соответствующей измерительной аппаратуры, то как удастся делать измерительную аппаратуру, которая сама является сложной радиоаппаратурой? Я не знаю ответа на этот вопрос. Жаль, что он не пришел мне в голову, когда я пребывал в аспирантуре и надо было написать реферат по философии. В качестве реферата по философии я написал текст «Диалектика развития техники (на примере электронных вакуумных приборов)». Прочитав этот текст, наш преподаватель, Юрий Петрович Трусов (незаурядный и необычный был человек) аккуратно предложил мне продолжить... это направление. Я, естественно, отказался — наверное, зря; могло получиться интересно, да и работе это не мешало.

Наконец, пятая область — всякое-разное, как тогда говорили, «для народного хозяйства». Попутно заметим, что народным оно не было — средства производства не принадлежали тем, кто работал. Значительная часть радиолюбителей работала или на производстве, или в

науке, и по ходу работы надо было время от времени что-то усовершенствовать или изобретать. И проще было сделать на месте, если в лаборатории или отделе был кто-то, кто знал, с какой стороны брать за паяльник. Переписка с другими организациями требовала времени, нервов, собирания подписей, а если в письме была фраза «оплату гарантируем», то... не надо о страшном на ночь. В этом случае письмо должна была визировать главбух, а общение с ней однажды довело моего начальника (уравновешенного и выдержанного человека) почти до истерики — я сам это видел.

Иногда надо было сварганить на коленке что-то простенькое, а иногда это требовало мастерства и большой работы и при хороших отношениях с начальством (которое должно было подписывать все бумаги) даже немного оплачивалось. Объектом изобретения иногда были приборы, так что граница между последними двумя областями не четкая.

Чтобы было понятно, о чем идет речь, назовем классы устройств, придуманных и изготовленных радиолюбителями и высоко оцененных на последних пяти «Всесоюзных выставках творчества радиолюбителей-конструкторов» (эти выставки проводились ежегодно, последняя, 35-я, состоялась в 1991 году). Если посмотреть на сборники схем, которые выпускали после этих выставок, то в разделе «Устройства для народного хозяйства» мы увидим приборы для измерения времени, приборы для управления, связанного с временем, приборы для настройки музыкальных инструментов, необычные блоки питания для электротехники, приборы для настройки телевизоров, контроля исправности телефонов и настройки антенн, блок питания для электронно-оптического преобразо-

вателя, компьютер. Завидное разнообразие. Причем это лишь то, что было особенно высоко оценено жюри, а представлено было в десятки раз больше.

Первый акт.

Начало — но никто не знал чего

Это этап возникновения радио вообще, когда профессиональное само еще только возникало. Не будем заниматься разговором на тему, кто что изобрел. Почти все эти разговоры — материал для курсовика по психологии в медвузе, потому что изобрели радио многие люди, каждый — что-то свое. И я вас вообще огорчу — продолжают изобретать! А если серьезно, то разобраться в сложной и запутанной истории, одновременно материальной и информационной, да еще залапанной политиками и жертвами пропаганды, — это большая работа, требующая квалификации. Визжать проще; особенно в толпе — чувствуешь себя частью чего-то большого. А к запаху привыкаешь (я работал помощником ветеринара в колхозе, имена некоторых коров помню по сей день).

На заре радиотехники и радиолюбительства все детали делали сами. И сопротивления, и катушки, и конденсаторы, и батарейки, и полупроводниковые приборы. Из полупроводников — кажется, только диоды, хотя в принципе могли сделать и транзистор. Первые же транзисторы люди сделали именно руками. Перед тем как залезть в машину времени, советую внимательно

▼ *Все вроде при деле. В кружке юных радиолюбителей, 1963 год*

фотохроника ТАСС





Фото: Обрезков Г./Фотохроника ТАСС

▲ Редкое сочетание радио и физической подготовки. Команда заводской секции спортивной радиопеленгации, Магнитогорск, 1985 год

прочитать литературу, законспектировать и взять с собой распечатку. Нет, не на флешке!

Кстати, олицетворение преемственности: человек, который научил меня, как сделать первый приемник, в молодости сам делал полупроводниковые приборы (точечный диод на основе PbS, «гален»). Спустя полвека я узнал, что в качестве полупроводника использовали не только PbS, но и многие другие вещества, например MoS₂, FeS₂, SiC. И контактом могло быть не металлическое острие, а другой кристалл. А с чем вообще экспериментировали те, кому было интересно, — сейчас странно читать. Причем люди, которым интересно сделать самим, есть и сейчас. Например, спросите Интернет «Самодельный светодиод из карбида кремния».

Четкое разделение на «профи» и любителей я бы связал с возникновением вакуумных электронных ламп — у радиолюбителей не было вакуумных насосов. Без стеклотрубки можно было в принципе обойтись (могу рассказать, как), но попытаться получить разрежение нагревом Mg (800°C) или лития Li (300°C) в замкнутом объеме никто не догадался. В Интернете обсуждают, как самому сделать электронную лампу, но имеется в виду не вакуумный, а газоразрядный прибор.

В целом можно считать, что начальный этап радиолюбительства — это был этап, когда детали делали сами. Но такое определение не абсолютно, потому что трансформаторы, например, делали сами почти всегда, а электронные лампы — никогда. Кроме того, сами делали антенны; промышленность выпускала комнатные антенны для телевизоров, но радиолюбители их почти не использовали. Вообще, о самодельных деталях подробно и со вкусом рассказывалось в любой книге о радио 20–30-х годов, естественно, прошлого века, так что указывать отдельные источники нет смысла.

Второй акт. Ход событий, плавный, переходящий в застой

Когда промышленность встала на ноги и начала производить почти все типы деталей, которые были нужны радиолюбителям, ситуация стабилизировалась. Радиолюбительство в целом существовало в тесном контакте с ней, причем контакт был двояким. Радиолюбители использовали все то, что промышленность выпускала, то есть детали и приборы, а промышленность подпитывалась радиолюбительскими идеями (об этом ниже).

Что касается использования деталей и приборов, то часть из них продавалась в магазинах радиотоваров (в Москве лучший был на Пятницкой улице), часть попадала к радиолюбителям другим общеизвестным путем. Как выразился когда-то один из авторов нашего журнала — «диалектическое единство забора и дыры в нем». В подворотне около радиомagasина на Пятницкой транзисторы П16Б и П416Б стоили ровно и стабильно рубль. Рядом в магазине наличествовали П13 и П401-403 за ту же сумму, но с меньшим усилением и рабочей частотой. Кстати, кто с кем был рядом? — магазин рядом с подворотней или она рядом с ним?

Ассортимент в подворотне был уже, чем в магазине. Однако там было то, без чего нельзя обойтись и чего в магазине не было. Например, ферритовые стержни для антенн (и круглые в сечении, и прямоугольные); кроме того, можно было нормально пообщаться и попробовать сделать заказ. Так на расстоянии меньше длины волны самого короткого коротковолнового диапазона (11 м) гармонично сосуществовали победоносный социализм и загнивающий капитализм.

Некоторые элементы аппаратуры радиолюбители по-прежнему делали сами (трансформаторы, дроссели), антенны, в частности, для радиоспорта — «охоты на лис», скоростного поиска радиопередатчиков на местности. Из купленных и добытых разными способами деталей радиолюбители собирали устройства. То есть создавали все, что было нужно, и что не выпускала промышленность, и не ввозилось в страну (а если и ввозилось, то не было доступно). Соответственно — приемники, передатчики и трансиверы для любительской радиосвязи, антенны для нее же, аппаратуру для высококачественного воспроизведения звука, аппаратуру для радиоспорта, приборы для налаживания всего этого и то, что могло потребоваться «по месту работы».

Что касается подпитывания промышленности радиолюбительскими идеями, то выглядело это так. Время от времени проходили Всесоюзные выставки творчества радиолюбителей. На них приезжали люди из организаций, где разрабатывали радиоаппаратуру (НИИ и КБ), и с заводов, где ее производили. Эти профессиональные люди изучали экспонаты и, если обнаруживали что-то интересное, как-то договаривались с авторами. Поскольку дело было не только в том, на сколько килоом взять конденсатор и каким концом вниз его припаять, то — будем надеяться — авторам тоже что-то перепало.

Из всего изложенного в принципе можно вывести и различия между радиолюбительством в разных странах, и даже ход его эволюции со временем. При капитализме промышленность производит то, на что есть спрос («ничего личного, просто бизнес»), и соответствующая ветвь любительства развивается слабее. Правда, из-за относительно большей мобильности, отсутствия прописки и легкости трудоустройства человек на Западе, который хотел заниматься радио, легче мог удовлетворить свою страсть на работе.

Что касается эволюции, то она начинается, если в стране начинает производиться аппаратура, которая ранее не производилась. Или начинает ввозиться — которая не ввозилась, или ввозилась, но фактически была недоступна. Важный фактор — развитие Интернета и облегчение общения: это ослабляет психологический фактор развития любительской радиосвязи.

Третий акт. Много нового и сразу

Вот эволюция и началась, причем главных новых явлений было два. Первое — это ослабление контроля радиоэфира со стороны госорганов. Результатов, как обычно, оказалось тоже два — хороший и плохой. Хороший состоял в том, что стало возможно разговаривать не только о данных радиоаппаратуры и погоде. Правда, языковой барьер... А плохой заключался в том, что любой человек мог купить любую аппаратуру и, не соблюдая каких-либо правил, требовал, чтобы все убиралось с его частоты. Опять же «ничего личного, просто хамство». К радиолюбителям это, строго говоря, отношения не имело, и поделаться с этим они ничего не могли. Проблему в значительной мере решила на границе веков сотовая связь.

Второе новое явление — ввоз из-за рубежа аппаратуры. Привозные трансиверы (радиостанции) по качеству не уступали лучшим самодельным, а заработать эти деньги было намного проще, чем дорасти до соответствующей квалификации. Фактор «сделать самому» остался, но теперь был одинок; вдобавок и детали были не бесплатны. Поэтому радиолюбители сосредоточились на разработке и изготовлении антенн и выходных усилителей мощности. Это было, так сказать, традиционнее, кроме того — покупные были недоступны по стоимости.

Аппаратура для высококачественного звука бывает дороже трансиверов, может быть, поэтому удар на эту ветвь радиолюбительства оказался слабее, и она сохранилась лучше. Возможно, сказался и разный стиль эволюции — техника радиоприема развивалась в сторону усложнения обработки сигнала, это требовало новых знаний и навыков. А техника high end существовала за счет «вылизывания» схем и конструкций, и этот плацдарм радиолюбителям удержать оказалось проще.

Что касается остальных трех областей, то ситуация такова. Борьба с глушением по ситуации на сегодня не актуальна. Разработка и изготовление приборов менее актуальны, так как доступно оборудование. Работа на промышленность менее актуальна по той же причине, по

которой доступнее оборудование. Впрочем, это впечатление сложилось при наблюдении ограниченного количества ситуаций.

Четвертый акт. Поступь Интернета

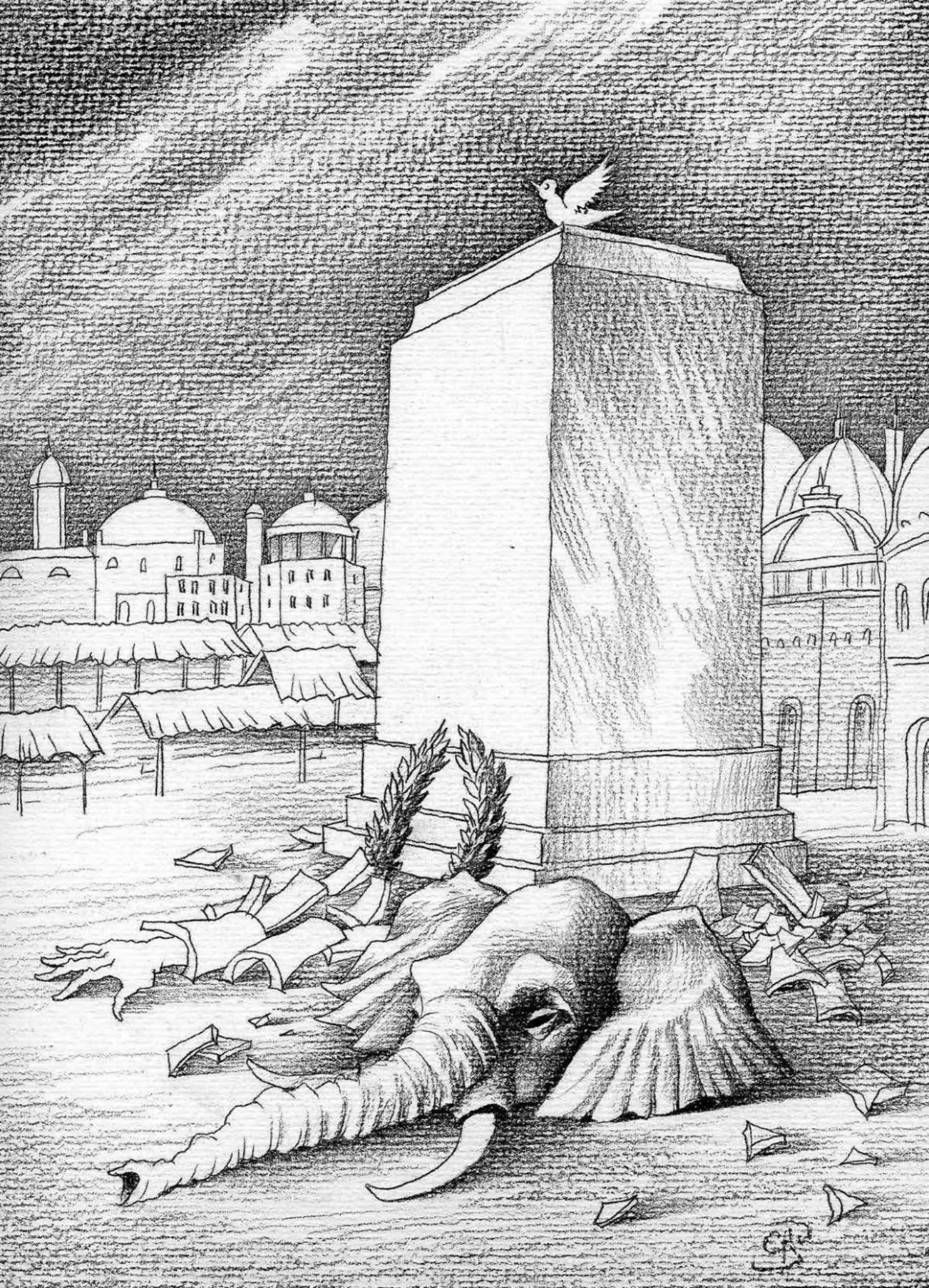
Начиная с 90-х годов прошлого века и по сей день Интернет предоставил — причем почти без усилий со стороны потребителя — новые возможности именно по части связи. На этом фоне любительская радиосвязь стала выглядеть старомодным увлечением. Одновременно произошло нечто более интересное — стали возникать комбинированные технологии, использующие и радиосвязь, и Интернет.

На смену проводным компьютерным сетям стали приходиться беспроводные сети. Появилась возможность работы не только из офиса или из радиорубки, но и из любого места. Радиолюбители начали использовать подключение репитера (транслятора) к компьютерной сети, используя и проводной интерфейс, и Wi-Fi. Вместо использования отражения от ионосферы для установления связей на большие расстояния, стало возможно использовать протокол VoIP, Интернет и маломощные ультракоротковолновые трансиверы. Радиолюбители-операторы, имеющие трудности в работе с дальними радиостанциями, теперь могут применять Интернет для того, чтобы проводить беседы с радиолюбителями, расположенными во всем мире на расстояниях, намного превышающих эксплуатационные параметры их трансиверов. Пользоваться этим способом могут любые лицензированные радиолюбители, поскольку для работы используются УКВ-частоты, которые обычно разрешены к применению всем радиолюбителям вне зависимости от категории лицензии.

Можем ли мы сегодня сделать какой-то прогноз? Автору этой статьи кажется, что радиолюбительство, то есть именно радиосвязь, будет состоять из четырех частей. Причем сторонники каждой будут с некоторой насмешкой поглядывать на сторонников трех других — если, конечно, будут знать об их существовании.

Первая, консервативная и традиционалистская, часть будет признавать, именно для радиосвязи, — ни Интернет, ни репитеры, а только связь станция-станция, только так, как раньше. Вторая часть будет допускать использование соединения через репитеры, но без Интернета, то есть это будет местная связь, с совершенно другими задачами. Третья часть будет признавать использование Интернета, а радиосигнал будет использоваться только на первой и, может быть, на последней миле, то есть пользователь будет сидеть перед радиостанцией или чем-то, ее напоминающим. В этом случае возможна дальняя связь, но без использования всего того, что составляет суть и смысл дальней радиосвязи, то есть это будет в некотором смысле имитация. И четвертый вариант — вообще без радиостанции, в качестве оконечного устройства используется компьютер.

Но так или иначе, а радиолюбительство выживет. Эволюционирует, выживет и даст новые побеги.



Андрей Зимний

Иллюстрация Сергея Дергачева

Пленительный запах кардамона

Поезд должен был вот-вот отправиться. Локомотив выбрасывал клубы пара и ждал отмашки минутной стрелки часов над платформой. Однако Амитта, вместо того чтобы поспешить в вагон, задержалась у черного камня, проткнувшего асфальт. Стянула сандалию, коснулась ступней его гладкой поверхности — мир тут же преобразился, каждый предмет подал ей знак, все мгновенно наполнилось смыслом.

Журналы в киоске, оказывается, выложены пасьянсом, предрекающим грозу. Тележка носильщика дребезжит: «Закрой-чемодан-закрой-чемодан». Когда переднее колесо подпрыгнуло на колдобине, одна из сумок шмякнулась на перрон. Из нее выпал красный праздничный халат, вытянув рукава в сторону вокзала. «Посмотри, посмотри!» — загомонили голуби с крыши.

Амитта взглянула, куда указал халат. В плотном потоке пассажиров образовался узкий коридорчик, в конце него стоял иностранец. «Он, он!» — загудели телеграфные столбы. Амитта всмотрелась в чужака. Рядом со смуглыми хиннами в пестрых халатах он выглядел изнеженно-бледным. Из камня на нее вдруг хлынул жуткий холод. Амитте стало плохо — замутило, висок пронзила боль, да такая, что девушка упала на колени.

Как только ступня оторвалась от камня, боль и холод ушли. Лишь голова продолжала кружиться.

Прощальный свисток паровоза не дал отдышаться. Амитта вскочила на ноги, торопливо сделала шаг и поняла, что забыла надеть сандалию. И сумка, сумка! Неужели украли?

Неожиданно и сумка, и сандалия оказались прямо перед ее глазами — их держал тот самый белолицый.

— Твой? — кивнув в сторону пылящего паровоза, спросил он на лапайезском, родном языке всех туристов.

— Мой! — резко ответила Амитта и протянула руку за сумкой.

Странно, но ее ответ обрадовал иностранца. Возвращать ей вещи он явно не собирался.

— Нам по пути, я помогу, — пояснил он и, ухватив за локоть, увлек Амитту за собой. Ковылять без сандалии было больно. А самоуверенный иностранец, знай себе, тащил ее, будто заложницу.

В вагоне Амитта плюхнулась на первую свободную скамью, вагон тут же вздрогнул и тронулся.

— Мне нужно обуться! — возмущенно заявила она и выхватила свою сандалию.

— Пожалуйста. — Он разместился напротив, бросив сумки прямо на пол. — Если бы ты стала застегивать всю эту чертову прорву ремешков прямо там, на перроне, то успела бы разве что помахать ручкой последнему вагону.

Амитта гневно уставилась на него. Ей приходилось сдерживаться, когда она проводила платные экскурсии по столице, но сейчас в честь чего ей терпеть его выходку?

— Ты хам! — вырвалось у нее, и она тут же покраснела: — Извини.

Попутчик сначала опешил, но тут же заулыбался:

— Нет, ты права, вышло грубовато. Просто поезд уходит, а ты там... на одной ноге. У вас все, конечно, чудные. Но тебе вроде как нужно ехать, вот я и решил помочь... Я — Эмерик. Или Рик, как больше нравится.

Амитта нехотя представилась в ответ и отвернулась к окну. Какое-то время прошло в молчании.

Скоро она почувствовала, что Рик тянет носом воздух, принюхивается.

— Мне показалось, или ты...

— Извини, я не специально. Дай угадаю: жасмин, кардамон и... что-то цитрусовое?

Амитта удивленно вскинула брови. Что она, в самом деле, взялась? Этот парень не виноват. Он просто знак. Вот только интересно, какого грядущего события? Судя по испытанной боли, вряд ли хорошего...

— Ты создаешь духи? — поинтересовалась Амитта.

— А тебе нравятся парфюмеры? Нет, я просто кондитер. Это, конечно, не столь впечатляет.

— А я, прикасаясь к доисторическим камням, вижу будущее. Если это в твоём вкусе, то я обожаю кондитеров.

— А вот это впечатляет! — рассмеялся Рик.

Ну ладно, если не злиться, то этот Рик вполне ничего. Вообще-то гладко выбритые лапайезские мужчины в рубашках, штанах на подтяжках и с кучей дурацких привычек всегда казались ей нелепыми. Однако у него ярко-голубые глаза — точно волна на мелководье в солнечный день. И голос — приятный шелковистый тенор, какого она прежде не слышала. Пожалуй, ради такого голоса стоит поддержать беседу.

— Туристы обычно не забираются дальше столицы, так зачем же ты едешь в Пуджами?

— Учиться. У нас в Лапайезе каждый пятый — кондитер. На каждом углу — кафешки с бланманже и эклерами. Захотелось, знаешь ли, разнообразия. Увидел как-то статью про кондитера из Пуджамы, его зовут Манно. Написал ему письмо... три письма, если быть точным, и Манно согласился научить меня своим премудростям.

— Ну, держись, Манно тебе устроит! — расхохоталась Амитта. — Я живу как раз напротив его кондитерской, с самого детства слушаю его ор по поводу и без. Но говорит он и впрямь божественно.

Амитта и Рик проболтали до самого Пуджамы.

Перед самым вокзалом их вдруг сильно потрянуло. Это не был обычный толчок при торможении поезда, потрянуло что-то посильнее. Пассажиры встревоженно посыпались на платформу, как крупа из дырявого мешка. Амитта спрыгнула на перрон вслед за Риком. Асфальт под ногами дрожал и рвался.

— У нас не бывает землетрясений! — растерянно воскликнула девушка. — Что это?

Глубоко из-под земли слышалось грозное клочкотание. Люди в панике шарахались от прорезавших платформу трещин, некоторые вставали на четвереньки, чтобы не упасть.

Вскоре все так же внезапно закончилось. Южное солнце как ни в чем не бывало выглянуло из-за облака и бросило палящие лучи на вздыбленный асфальт и гранитный монумент перед вокзалом.

Могучая статуя с телом мужчины и головой слона сменила свои обычные серые оттенки на дивные цвета. Они разбегались от ступней ввысь — сандалии окрасились золотом, кожа на щиколотках порозовела, шаровары покрылись пурпуром, — и так до самых кончиков белых бивней.

Во время землетрясения кусок гранита откололся, обнажив черный камень — такой же, как на столичном вокзале, как в сотнях других мест. Каждый такой камень — слуховое окно в мир подземных дэвов. Амитта бросилась к постаменту, притронулась к прохладному черному камню. Слоновья голова зашлась в безумном хохоте.

Вот они, перемены! И похоже, хорошего ждать, не приходилось...

С первых же дней в Пуджамы Эмерику пришлось несладко.

Манно-джи гонял Рика, как последнего поваренка. Сутками тот, и без того изнемогавший от местной жары, парился на кухне: мыл тарелки, драил противни, тер столешницы, точил ножи. Только через неделю ему было доверено собственно-ручное приготовление хиннских сладостей. Рик страшно волновался, хотя сначала все шло вроде бы неплохо.

Зачерпнув ложкой булькающее масло, Рик хотел было проверить, появилась ли янтарная фракция, но тут на плечо вдруг опустилась рука мастера. Рик чуть не опрокинул на себя горячую кастрюльку.

— У тебя маш горит! — Манно-джи свирепо дернул черными усами и сложил руки на груди, явно не собираясь помогать.

Рик бросился к плите. На широком противне матовыми бусинами рассыпался горошек — не золотистый, каким должен был быть, а бронзовый. «Вот же! — сокрушаясь, подумал Рик. — Не иначе как кто-то ночью приделал мне два крюка вместо рук. А заодно приставил голову недо-тепы!»

Рик отставил маш остывать и принялся нарезать миндаль и кешью. Нож дрогнул в руке, едва не отхватив полпальца.

Это все нервы! Чужая страна, чужие люди, чужой язык. Забудешь не то что профессию, а даже как ложку держать. В столице было куда проще — там любовь к деньгам туристов весьма способствовала доброжелательности местных. Но только не здесь, не у Манно. В провинциальном Пуджамы не очень-то жаловали растяпу-чужака.

Рик погрузил пальцы в горку молотого кардамона и втянул носом пряный аромат. Вспомнился поезд, вспомнилась Амитта...

Ему не удалось убедить себя в том, что вся ее привлекательность была лишь в блестящем знании родного Рiku языка. Почему-то из головы не шел ее шафрановый халат, перетянутый на тонкой талии затейливо расшитым кушаком, а еще — густо сурьмленные глаза цвета горького шоколада, длинные волосы, перевитые тонкими серебряными цепочками. Тогда, на вокзале, она сбежала, даже не оглянувшись...

Дверца духового шкафа саданула Рика по бедру. От неожиданности он взмахнул руками, чтобы удержать равновесие, задел кухонные весы, и те с феерическим грохотом свалились на пол.

Манно-джи пришел в бешенство. Рик без переводчика понял отборную хиннскую брань. Однако оправдываться не стал. Да, он показал себя не лучшим образом, но в этот раз чертова дверца распахнулась сама! Рик даже не дотронулся до нее. Что тут можно сказать? Духовой шкаф взбесился? Если Манно сам не видел этого, то скорее поверит в его криворукость.

Когда поток брани стих, Эмерик просто пообещал возместить ущерб.

— купишь такие же, — прорычал Манно, раздувая от злости и без того широкие ноздри.

Это с его-то знанием хиннского! Когда Рик пытался купить что-то в здешних лавках, ему совали в руки все что угодно, но только не то, что нужно. Так что проще дворнику спроектировать двигатель, чем Рiku купить весы.

Снова почудился запах кардамона — будто подсказывающее решение. Хорошее, надо сказать, решение.

Даже странно, что за прошедшие дни Рик ни разу не столкнулся с Амиттой — улочки Пуджамы были такими узкими, что дома заглядывали друг другу в окна. Может быть, окно его комнатенки смотрело как раз на ее спальню? Только бы она не забыла своего случайного попутчика, а то неловко получится...

Амитта встретила Рика на удивление радушно, будто они мило попрощались накануне, а не разбежались на вокзале неделю назад. И халат на ней был тот же —

шафрановый. Только теперь прибавилось браслетов на смуглых запястьях и щиколотках. Серебряные, медные, золотые, они мелодично позвякивали от малейшего движения. От нее все так же сладко пахло кардамоном.

Амитта согласилась отправиться на поиски весов. Но Эмерику вдруг показалось чересчур расточительным тратить встречу с Амиттой на покупку каких-то весов, и он сказал:

— Может, сначала покажешь мне город?

— Часовая экскурсия — пять хиннарий. Благоразумнее обойтись весами.

— Ты ставишь меня в неловкое положение. Если я тебе заплачу, нашу прогулку уже не назовешь свиданием. А если не заплачу, ты посчитаешь меня скрягой.

— А у нас свидание?

— После того как я передумал тащить тебя в посудную лавку — да, это свидание. — С Амиттой Рик почему-то было легко и просто говорить глупости. И правду.

— Ты хитрейший из всех туристов. Еще никому не удавалось заставить меня работать бесплатно. — Амитта взяла Рика за руку и добавила уже без иронии: — Идем.

Он уже успел привыкнуть к рядам одноэтажных домиков, похожих на слипшиеся боками кексы. Эти домики мало походили на небоскребы Лапайеза. Привык он и к пестрым навесам над хлипкими незакрывающимися дверями, и к цветам на окнах. Даже веревки с гирляндами белья, растянутые прямо над тесными улочками, его уже не удивляли. Но Амитта быстро протащила своего экскурсанта по пахнущим специями закоулкам, по которым Рик еще ходить не доводилось. Здесь былолюдно, а душный зной казался стократ сильнее. Из лавок торговшей разлетались зазывные выкрики на хиннском, с мостовой вопили впряженные в тележки ослы, шуршали халаты, голоса, сам воздух. Во рту будто чувствовался привкус звуков, а запахи стали видимыми.

Эмерик, в начале прогулки заглядывавшийся только на униженные браслетами руки и смуглую шею Амитты, теперь едва успевал крутить головой по сторонам. А посмотреть здесь было на что! И кто только додумался приткнуться на угол дома гранитного тигра с распахнутыми крыльями? А утопить в мостовой медного питона? Должно быть, не один раззява споткнулся об него...

— Странные у вас тут скульптуры, — заметил Рик, когда они проходили мимо изваяния однорукого мужчины, склонившегося над чашей фонтана. Статуя казалась почти живой из-за удивительно ярких цветов, почти невозможных для камня. По крайней мере, Рик ничего подобного не видел даже в журналах для путешественников, которые изучал перед поездкой.

— Наши легенды гласят, что давным-давно дэвы жили среди нас, а эти статуи были их телами. Но потом дэвы покинули свои земные оболочки, потому что существование в мире людей для них все равно, что сон, после которого они перерождаются с новыми силами для жизни под землей. Правда, в наши дни на древние скульптуры смотрят как на местные предрассудки, не более. Если кто-то захочет построить дом там, где стоят неизвестно когда и кем установленные медные козлики, козликам

несдобровать — их просто снесут. Уйма сколько их безвозвратно исчезло за последнее время.

— Жалко, — искренне вздохнул Рик. — А разве у вас нет организации по охране культурного наследия? Нельзя же так, в самом деле, с козликами.

— Раньше каста Касаемых была такой организацией. Но прогресс и наука, видишь ли, отрицают способность видеть будущее... Нас теперь считают чудиками.

Рик уже не удивлялся странностям, которые встретил в Хинни. Почему бы теперь не поверить в то, что Амитта видит будущее и слышит дэвов? Менее симпатичной она от этого не станет.

— Ты правда можешь заглянуть в будущее? И как ты это делаешь?

— Видишь в центре площади камень? Когда я была маленькой, думала, что такие камни — кончики гигантских гвоздей, вбитых дэвами из-под земли. Дотронуся до него и могу подслушать их голоса, посмотреть на мир их глазами.

Амитта подвела Рика к камню, вокруг которого располагались скульптурная группа. Одни скульптуры, и впрямь похожие на коз, едва доставали рожками до колена, другие в холке превышали рост человека. У каждой было по четыре крыла, а на месте глаз — орхидеи, поразительно правдоподобные. Рик даже почудился цветочный аромат. Потрогал лепесток — нет, твердый. Или он только что шевельнулся в руках?

— Твоя рубашка! — воскликнула Амитта, прижимая босую ступню к камню, как тогда, на вокзале. — Она страшится человека, который встретится тебе в жизни дважды. И оба раза рядом буду я. Твои часы предупреждают: «Не сдавайся, беги за двоих». Понятия не имею, о чем это.

Амитта отступила от камня, к ней подошел суровый хинн. Судя по всему, они были знакомы и Амитта явно не была ему рада.

— Ирро-джи, — сдержанно произнесла она, сложив руки в приветственном знаке.

Мужчина заговорил гулким басом, казалось, таким же седым, как его борода:

— Возмутительно! Ты даже здесь, в Пуджами, развлекаешь белолицых, кошунствуя над нашими святынями. Тем более теперь, когда...

— Почтенный Ирро-джи, я не кошунствую, я на свидании.

— С ним?! — Бородатый презрительно ткнул пальцем в Рика.

Вместо ответа Амитта обняла Эмерика за талию. Тот так удивился, что едва не отшатнулся. Вот это номер! От злости суровый хинн вскипел, но, кажется, Амитта того и добивалась.

— Пойдем, — торопливо шепнула она и потащила Рика прочь.

— Кто это был? — спросил Эмерик, когда они смешались с толпой на базарной площади. В своих разноцветных халатах хинны и хинни походили на леденцы в стеклянной банке, и чьи-то невидимые всесильные руки эту банку непрерывно перемешивали. Гам на площади стоял просто невообразимый!

— Это старейшина касты Касаемых нашего города. Постоянно придирается.

Небо глухо заурчало, и солнце скрылось за тучей. Гвалт над базаром усилился — все заспешили прочь.

— Забыла еще сказать, — шепнула Амитта в самое ухо Рика, — секундная стрелка на твоих часах дрожит от ужаса.

— Она боится грома, — пошутил Эмерик.

Тут же налетел со свистом ветер. Его порывы заставили трепетать навесы над лотками, к небу взметнулись клочки бумаги и оброненный кем-то шелковый шарф. Сюга серой стеной надвигался ливень. Тяжелые холодные капли застучали по спинам мечущихся в поисках укрытия людей. Амитта побежала, толкнула первую попавшуюся дверь, и они ввалились в сумрачное помещение. Полумрак, скрип деревянных полов, запах старой мебели... и кардамона. Амитта прижалась к Рику. Ее частое дыхание обдало его жаром.

Ливень закончился скоро. От быстро просыхающей земли шел пар. Рик шагал и улыбался. Влюбился, что ли? Эта мысль уже не казалась ему смешной и глупой. Надо, наконец, пойти и купить чертовы весы.

На площади, где час назад они видели скульптурную группу медных козликов с орхидеями в глазницах, теперь одиноко торчал конус черного камня. Слева, из узкого рукава переулка, слышался удаляющийся топот множества копыт.

— Рик, — упавшим голосом сказала Амитта, — возвращайся домой.

На улочках Пуджами чаще встречались впряженные в тележки мулы, чем автомобили, поэтому шуршание тяжелых шин грузовика под окнами прозвучало угрожающе, а голос, усиленный мегафоном, прогремел, как небесный гром:

— Чрезвычайная ситуация. Просьба всем сохранять спокойствие и не покидать своих домов. Чрезвычайная ситуация...

Что это значит? Война? Стихийное бедствие? Ведь не медные же козлики, сбежавшие накануне с площади и напугавшие Амитту, тому виной...

Громовой голос удалялся, унося за собой чувство безопасности и оставляя растерянность и страх. Заслышав возню в коридоре, Рик выглянул из своей комнаты. Манно-джи с сыном и женой сновали от двери к двери, таскали сумки и тюки. Голос из мегафона велел не покидать дома, и все сразу ринулись нарушать указание. Таковы люди.

— Манно-джи! — Рик поймал наставника за локоть, когда тот с непривычной поспешностью волок туго набитый чемодан. — Вы куда? Что происходит? Мне тоже с вами?

— Делай, как знаешь... — буркнул Манно, отдергивая руку. — У меня семья! А ты мне никто.

Никто. Грубо, но верно. Он, Рик, никто для жителей Пуджами, его дом, настоящий дом, далеко — за тысячи километров. Вернувшись в свою каморку, Рик быстро побросал в сумку свои вещи. Заглянул в кошелек — де-

нег осталось мало, стыдно нищему подать. Куда бежать? На вокзал, конечно, на вокзал! Дернуть в Лапайез, снова стать тысяча пятым кондитером бланманже и эклеров.

Но Рик не мог уехать, не простившись с Амиттой. Хоть рухни весь этот треклятый Пуджами.

Дом Амитты встретил Рика распахнутыми дверями. «А ты мне никто», — будто вторила голосом Манно-джи зловещая пустота в комнатах.

Внезапно охристо-зеленый ковер на стене дрогнул и неестественно выгнулся, как раненный зверь в корчах. Неведомая сила сорвала его со стены и заставила метаться в агонии по комнате. От страха Рик выскочил на улицу. И попал в кошмар.

Вдоль улицы полз большой пятнисто-оранжевый питон. Рик помнил его медным, теперь он был живой. Люди в ужасе жались к стенам домов, боясь даже дышать. Сбив кончиком хвоста угол дома на перекрестке, чудовище скрылось за ювелирной лавкой.

Рик метнулся в запруженные людьми переулки и вскоре добрался до привокзальной площади. Увидел, как по ней марширует колосс со слоновьей головой. Вот человек-слон остановился, взревел, пристально всматриваясь рубиновыми глазами в толпу. Рик успел подумать, что этот взгляд сейчас наверняка остановится на нем. Нет, не остановился. Вместо этого колосс замотал громадной башкой, отшвырнул с пути какого-то хинна и под истошные людские крики устремился прочь, локтями выбивая кирпичи из стен домов.

Здание вокзала находилось на другом конце площади.

— Отдам за пятьдесят! — Рик сунул в лицо первому подвернувшемуся хинну свои наручные часы, цена которым была все пятьсот. Хинн не понял, огрызнулся.

Да ну их, деньги! Тщетно. Вокзал. Поезд. Домой. Как-нибудь.

В пустом зале ожидания сидел одинокий человек — инвалид без руки, — он плакал. Над ним тараторил неизвестные Рику слова вокзальный громкоговоритель. Вдоль платформы валялись искореженные вагоны, морду паровоза исказила гримаса безумной улыбки.

Репродуктор заговорил на лапайезском: «Движение поездов отменено в связи с чрезвычайной ситуацией, приносим свои извинения».

— Вам нужна помощь? — вдруг послышалось рядом. Хинн в темно-синих шароварах, с золотыми цепями на шее, говорил с акцентом.

— Да-да, пожалуйста! — обрадовался Рик. — Мне нужно выбраться отсюда. В столицу.

— Идем, у нас там грузовик, — хинн кивнул в сторону. — Помогаем жителям покинуть город.

Эвакуация? Неужели? Спасибо! Кто бы ни сотворил это чудо, спасибо. Ну, чудо же! Настоящее.

Рик подстроился под быстрый шаг своего спасителя, и скоро они оказались на улочке у грузовика с тендом. Не дожидаясь, когда Рик заберется под брезент, хинн сильной рукой грубо втолкнул его в кузов. Рик упал, ссадив ладонь. Больно. Темно. Чье-то колено уперлось ему в спину, не давая подняться.

— Кто вы? Зачем? — успел крикнуть Рик, прежде чем ему в рот затолкали пропахшую машинным маслом тряпку. Едва не вывихнув суставы, его скрутили веревкой. Рик зажмурился. Отчаянно хотелось проснуться, но это был не сон.

Похититель проверил узлы на локтях и выпрыгнул из кузова. Швыркнул ключ зажигания, грузовик забормотал и тронулся.

Рядом завозился и замычал еще кто-то.

Амитта бежала за Ирро-джи и думала, что прелесть древних легенд в том, что они совсем не похожи на жизнь. В легендах хиннов подземные дэвы были прекрасны. Они были мудры и добры, помогали людям, любили их, некоторые даже создавали пары. Дети от таких союзов стали родоначальниками большой касты. Когда души дэвов, напившиеся силой, вернулись под землю, тела их остались на площадях, мостовых, в стенах зданий, чтобы ждать возвращения своих вечных хозяев.

И вот настал новый цикл перерождения. Но эти дэвы даже говорить не могут. Злобные, безумные монстры, разрушающие Пуджами. Ирро-джи рассказал, что в других городах Касаемые дают нагрянувшим дэвам селиться в человеческих телах, и Амитта поняла, чего он от нее хочет.

— ...древние статуи-то помнят, как служить вместилищем для дэва, — донесся до Амитты голос задыхающегося Ирро-джи, — а вот все прочее — нет. За века, прошедшие после ухода дэвов под землю, статуй стало сильно меньше, и теперь дэвам некуда вернуться, они страдают... А я танцую в белых лепестках, здесь пахнет жасмином...

Амитта дернула Ирро-джи за руку, тот остановился, потряс головой, и взгляд его прояснился. С тех пор как статуи ожили, а простые вещи взбесились, каждый член касты Касаемых видел что-то вроде сна наяву. И постоянно, постоянно в ушах звенел невыносимый ор истеричных голосов. Чтобы хоть как-то уцепиться за реальность, Амитта напряженно вслушивалась в слова Ирро-джи. А он говорил без умолку, наверное, по той же причине.

— Тел Касаемых не хватит на всех дэвов... — в сотый раз объяснял старик, когда откуда ни возьмись выбежал ребенок и уткнулся в его халат. Златокудрая девочка с фасетчатыми глазами, точно гигантская муха, уставилась на них, беззвучно шевеля лепестками шиповника вместо губ. Ирро-джи оттолкнул ее и выхватил нож. Ожившая статуя юркнула в ближайший проулок. Ирро-джи повел Амитту дальше.

Улица вывела их на привокзальную площадь. Ирро-джи поспешил к колонне из четырех грузовиков.

В полумраке тесного кузова, среди измученных страхом людей будто бы не осталось места ни одному слову. Амитта тоже молчала. Чем ближе подъезжали машины к древнему храму с аллеей, утыканной шипами черных камней, тем тише становились звуки творящегося в городе хаоса. Наконец грузовик затормозил, люди стали выпрыгивать на землю.

Амитта осмотрелась. Статуи, еще недавно стоявшие вокруг храма, исчезли. Брусчатка бугрилась, словно под ней проползли гигантские черви.

— Ты готова? — сурово спросил Ирро-джи.

Амитта кивнула. Ею овладело ощущение неотвратимости, отсутствия выбора. Ее каста должна делать все возможное... Она самоотверженно преклонила колени у ближайшего черного камня, однако унять внутреннюю дрожь у нее не получалось.

Все остальные сделали то же самое.

А вот пассажиры другого грузовика выглядели иначе. Это были белолицые иностранцы. Они были связаны. Распорядители вытаскивали их из машин и швыряли на землю, как свиные туши. В одном из них Амитта узнала Рика.

— Ирро-джи! — позвала Амитта. Тот сделал вид, что не услышал. Тогда она подбежала к нему. — Они ничем нам не обязаны! Это долг Касаемых — идти на жертву, а не...

— Касаемые делают все, что в их силах! — гневно ответил ей Ирро-джи. — В наших силах отдать белолицых ради спасения дэвов и хиннов.

— Да ты сам не знаешь, сможешь ли отринуть себя, чтобы впустить дэва! А эти просто сойдут с ума!

Ирро-джи иступленно пнул Рика, помощник оттащил парня к ближайшему черному камню. Амитта рванулась за ним. Старик толкнул ее, она упала, ударилась головой — мгновенная боль и провал в темноту.

Пока ехали, Рик умудрился ослабить веревки. Теперь он отчаянным рывком освободил руки и кинулся к Амитте. Она лежала виском на черном граните, жилка на ее шее слабо пульсировала.

Тут же подлетел безумный старик и накинулся на него. Рик схватил первый попавшийся под руку камень и что было сил ударил хинна, удар пришелся в голову, старик упал сном. Рик ждал, что другие тоже бросятся на него, но произошло странное. Люди на храмовой площади обезумели все разом. Неведомая сила трясла и корчила их. Колдовство? Одержимость?

Бежать, бежать, бежать!

Он подхватил Амитту и устремился с ней прочь от проклятого места.

Рик понятия не имел, в какой части города находится. Судя по запаху и горам мусора, вокруг тянулись трущобы городской окраины. Нужно было срочно найти врача.

По счастью, на дороге попала брошенная кем-то арба. Рик, успевший выбиться из сил, уложил на нее Амитту и впрягся вместо ослика. Тащить арбу оказалось не сахарно.

Сколько он катил арбу по грязным обезлюдившим улицам? Час, два? Глинобитные халупы сменились ухоженными домиками. Перестало вонять нечистотами. Однако ничего похожего на больницу на пути так и не попало. Рика охватило отчаяние. Амитта застонала, и он тут же прогнал от себя постыдное чувство, упорно покатил арбу дальше, дальше. «Беги за двоих!»

Дорога стала шире, стоявшие вдоль нее развороченные дома и в щепы разбитые торговые лотки будто предупреждали: дальше ни шагу.

Внезапно раздался треск ружейной пальбы. Впереди над крышами показалась знакомая слоновья голова. Безумный колосс то и дело пытался поддеть бивнями солдат, поливавших его свинцовыми пулями. Из переулка выкатилась пушка. Громовой раскат — снаряд угодил прямо в могучий торс статуи. Человек-слон разлетелся тысячей каменных осколков.

Рик из последних сил толкнул тележку. Убраться отсюда подальше! И поскорее найти врача.

Больницу Рик узнал сразу — по единому для всех стран и народов символу. Им навстречу никто не вышел. Рик с опаской заглянул в приемный вестибюль и увидел сидящую там девочку, беззвучно лопатавшую губами-лепестками. От взгляда ее фасетчатых глаз ему стало жутко.

Снова бежать? Нет уж! Амитте нужны лекарства, и никакая лупоглазая тварь ему не помешает! Рик решительно шагнул вперед. Существо с фасетчатыми глазами заметалось, и в сознание Рика ворвались чужие образы. Мельтешающие картинки сложились, и он увидел в них страх и мольбу: девочка с фасетчатыми глазами боялась его больше, чем он — ее. Умоляла: не трогай меня, не трогай меня...

Город сходил с ума. Из-за вторжения дикой, сверхъестественной силы люди в ужасе покидали дома. А эта сила сама была смертельно напугана. Как и Рик, она оказалась в чужом для нее мире, среди людей, не умеющих говорить с ней на одном языке.

Рик, как мог, наполнил мысли добротой и спокойствием — и девочка перестала метаться, но по-прежнему следила за ним тревожным взглядом больших фасетчатых глаз.

Не сразу, но нашлись нужные ампулы. Рик перенес Аниту на кушетку, сделал обезболивающий укол. Тщательно обработал рану. Затем выключил свет и зашторил окна.

— Отдыхай, Амитта. Все будет хорошо.

Шли дни. Амитта долго не поправлялась, то и дело проваливаясь в беспамятство. Звук, свет, запахи — все причиняло ей нестерпимую боль. Когда стало чуть лучше, спросила у Рика про Касаемых и узнала, что осталась одна.

— Какого черта ты постоянно тут торчишь? Выйди!

Рик чуть не выронил стакан с чаем, подошел к ее кушетке.

— Ты еще слаба, — сказал он мягко, будто разговаривал с ребенком. — Если хочешь, я уйду, но мне придется вернуться, чтобы сделать укол, принести еду.

— Омерзительно, — прошептала Амитта, горестно зажмурилась, из уголков ее глаз скатились слезинки. — Я не хочу быть похожей на овощ.

— Ты похожа на смелую девушку, которая не боялась вступить за чужака. Теперь прикажешь

бросить тебя? — Рик провел большим пальцем по ее щекам, стирая влажные дорожки. — Какую же чепуху ты говоришь.

Амитта вытянула руку, сжала пальцами ворот его рубашки.

— Слушай внимательно. Когда все это закончится, ты купишь мне браслеты из серебряных монеток и два ожерелья. Одно — на шею, второе — на талию. Я сутки проваляюсь в цветочной ванне, после надену украшения и буду танцевать перед тобой. А ты будешь смотреть и восхищаться. Понял?

Рик согласно закивал.

— Вот и славно. — Амитта устало уронила руку на кушетку.

Рик притащил из города радио. Новости становились все более обнадеживающими. Дэвы больше не нападали на людей и не крушили дома. Во время вылазок за продуктами Рик и сам замечал, что в округе становилось спокойнее. А однажды златокудрая девочка с фасетчатыми глазами попросилась пойти с ним. До этого она, боясь всего, даже из угла своего не выбиралась.

Странную, должно быть, они представляли собой пару. Рик думал, где бы раздобыть для Амитты душистое мыло, чтобы она наконец могла ощутить себя чистой, а девочка искала огромными глазами своих. По правде сказать, Рика не очень обрадовало бы, если бы ей это удалось. И все же она нашла, что хотела: однорукий хинн гладил распластавшегося на земле грифона, а вокруг дружелюбно кружил питон в оранжевых пятнах. Девочка кинулась к ним, посылая Рiku лучезарные мыслеобразы радости и благодарности. Ладонь златовласки прошла вдоль хвоста, и грифон взмахнул крыльями. Удивительно, волшебное, красиво. Рик сразу вспомнил легенду, рассказанную Амиттой. Каково это было — жить бок о бок с такими существами? Делиться с ними мыслями, ощущать их привязанность? Скоро люди снова это узнают.

Вернувшись в больницу, Рик застал в палате хлопчущую медсестру. Через день-другой ожидался и весь медперсонал. А там, глядишь, и сообщение между городами восстановят...

— Скоро я смогу уехать, — сказал Эмерик, когда они остались с Амиттой наедине. — Поехали со мной? Здесь теперь все будет по-другому, а у нас тебе понравится, вот увидишь.

— Где? В Лапайезе? Нет, мне там нечего делать. Разве что полакомиться эклерами. Но это займет от силы пару дней.

— Это тебе сейчас так кажется. — Рик обнял Амитту. — Не отказывайся сразу, ладно? Я тебя уговорю.

А даже если и нет... Рик решил ни за что не разлучаться с ней. После всего пережитого можно жить где угодно, лишь бы с Амиттой. В конце концов, она ведь обещала ему танец...

И.Р. БЁМЕ
Систематика
и родственные связи
птиц (неворобьиные)
 М.: КМК, 2022



В книге кратко излагаются основные задачи и принципы систематики. Приведены основные теории и гипотезы о происхождении класса птиц и происхождении полёта птиц. Дан краткий очерк становления системы птиц, описываются более распространенные системы класса в XIX–XX веках. Систематический обзор класса птиц составлен по системе Джарвиса (2014), основанной на полногеномном анализе отрядов птиц. В обзоре приведены краткие характеристики всех подразделений класса, включая семейства (морфологические особенности, экология, распространение, число видов), и новые представления о взаимоотношениях отрядов и семейств птиц. При описании каждого семейства дается перечень входящих в него родов. Книгу иллюстрируют 275 рисунков. Она рассчитана на специалистов-орнитологов, студентов-зоологов и всех, кто интересуется птицами.

Ю.К. ВИНОГРАДОВА,
С.Р. МАЙОРОВ,
М.В. КОСТИНА
Клен ясенелистный
(*Acer negundo* L.):
морфология, биология
и оценка инвазивности



М.: КМК, 2022

Подробный обзор сведений по систематике, географии, анатомии и морфологии, инвазивности, возможности использования и мерах борьбы с кленом ясенелистным — самым распространенным в России древесным инвазионным видом. Но его примере очевидно, что инвазия чужеродного вида определяется не только биологическими признаками самих растений. Лишь генотип из северных регионов Северной Америки демонстрирует в Старом Свете высокую степень инвазивности, но внедряется он прежде всего в нарушенные рудеральные местообитания и речные долины. Наконец, именно массовое высаживание клена ясенелистного в лесополосах и для озеленения населенных пунктов позволило в течение последнего столетия реализовать его высокий инвазионный потенциал. Эта коллективная монография может стать основой для дальнейшего комплексного изучения агрессивных чужеродных видов и помочь в разработке мер по предотвращению и минимизации экономического и экологического ущерба от инвазии клена ясенелистного.



Книги



И.Я. ПАВЛИНОВ
Проблема вида
в биологии: истоки
и современность

М.: КМК, 2023



Впервые в отечественной литературе в достаточно доступной форме изложены теоретические и исторические аспекты представлений о виде в биологии. Исследовано развитие понятия вида с Античности до современности. На разных этапах истории это понятие представлено несколькими фундаментально разными трактовками, разнообразие которых (видовой плюрализм) составляет основное содержание проблемы вида. Ее развитие и современное состояние проанализированы с точки зрения современного концептуализма и «нового эссенциализма». Книга адресована биологам разных специальностей, а также всем интересующимся теорией и историей биологии.

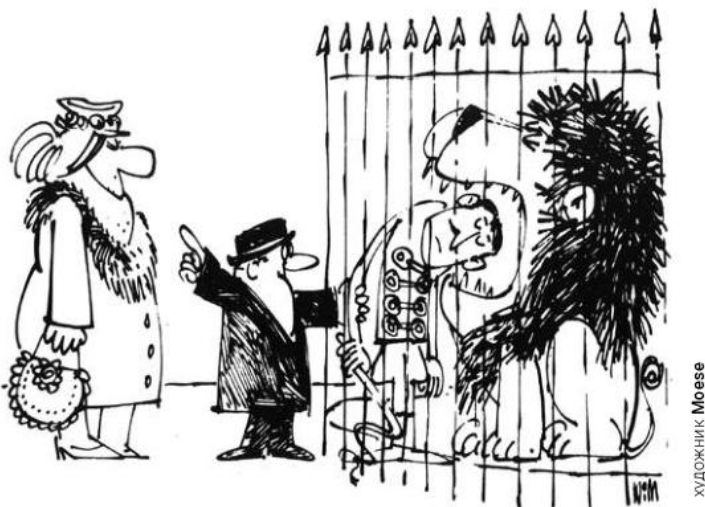
Б.В. БУЛЮБАШ
Джоуль и другие

М.: КМК, 2023



Джеймс Прескотт Джоуль — английский физик-экспериментатор викторианской эпохи, один из авторов закона сохранения энергии. «Джоуль и другие» — первая биографическая книга на русском языке, рассказывающая о его жизни и о сделанных им научных открытиях. В книге семь глав, в том числе: «Силы» и энергия; Фарадей против Джоуля; «Джоуль и Уильям Томсон»; «Джоуль и научное сообщество». Отдельные главы представляют собой практически законченные тексты, поэтому их можно читать в любой последовательности.

Подробности на сайте издательства <http://avtor-kmk.ru/>



художник Moese

Короткие заметки

Польза вредной пищи

Все прекрасно знают: чтобы сохранить здоровье, надо есть поменьше жирного. В частности, этот запрет распространяется на молочные продукты. В результате в магазинах появляется такая нелепость, как обезжиренная сметана, про молоко, йогурт и творог с нулевым содержанием жира и говорить нечего. А соответствуют ли эти рекомендации научным данным? Или их источник — общие соображения, порожденные цепочкой «жирная пища — избыточный вес — проблемы с сердцем — диабет»?

Аспирантка Вермонтского университета Виктория Таормина решила при помощи своих коллег проверить эту цепочку, а о результатах доложила на ежегодном собрании Американского физиологического общества в апреле 2023 года (агентство NewsWise, 12 апреля 2023 года). Для постановки опыта она пригласили группу добровольцев в возрасте от 45 до 75 лет, которые пребывали в преддиабетическом состоянии: глюкоза в крови участников была на уровне 100 — 125 мг на децилитр, а в среднем 101 мг на децилитр. В течение трех недель они по три раза на дню ели йогурт естественной жирности, а затем три недели — обезжиренный. Дозу йогурта выбирали индивидуально соответственно рекомендуемой калорийности рациона. Так, для рациона в 2000 калорий нужно было съедать 510 грамм йогурта в день. Ну а параллельно у участников мерили глюкозу в крови.

Результаты измерений оказались таковы: жирный йогурт регулировал переработку глюкозы. И по окончании опыта средний сахар в крови участников упал до нормального уровня 98 мг на децилитр. Таормина очень довольна своей работой и считает, что она послужит основанием для более полного развенчания устоявшихся мифов диетологии, в частности о связи молочных жиров в пище с развитием тучности и диабета.

Однако не лишне напомнить, что непримиримая борьба с жирной пищей связана вовсе не с диабетом, а направлена на предотвращение атеросклероза. Конечно, согласно современным данным, причиной образования бляшек в сосудах оказываются не жиры сами по себе, а повреждение сосудов сахарами. И тогда воздействие на переработку сахаров в организме может сказываться и на здоровье сердечно-сосудистой системы. Однако очевидно, что юной исследовательнице для совершения задуманной революции в диетологии придется гораздо глубже понять взаимоотношения веществ, попадающих в организм человека с пищей.

А. Мотыляев

Пишут, что...

...если мыши, инфицированные гриппом А, вдыхают пары этанола в течение десяти минут, вирус инактивируется (The Journal of Infectious Diseases)...

...удалось получить аминокислоту L-аланин из CO₂ в многоступенчатом процессе с использованием синтетических ферментов (Chem Catalysis от Cell Press)...

...в миллилитре облачной воды содержится в среднем 20 800 копий генов устойчивости к антибиотикам, поэтому облака — важный путь распространения этих генов по планете (Science of The Total Environment)...

...общее число подтвержденных источников загадочных, повторяющихся, быстрых радиовсплесков (FRB) далеко за пределами Млечного Пути равно 50 (The Astrophysical Journal)...

...однократное вдыхание полиамидных микро- и наночастиц пластика ухудшает расширение сосудов, но при этом не вызывает воспаление легких у самок крыс-альбиносов вида *Rattus norvegicus* (Particle and Fibre Toxicology)...

...электрические сигналы гриба Лаковица двухцветная (*Laccaria bicolor*) усиливаются после дождя (Fungal Ecology)...

...обнаружены маркеры, которые могут указывать на предрасположенность человека к шизофрении (Molecular Psychiatry)...

...В экспериментах германий-оловянный транзистор демонстрирует в два с половиной раза большую подвижность электронов, чем транзистор из чистого германия (Communications Engineering)...

...из волос, отходов парикмахерских, можно с помощью ионной жидкости извлекать природные биополимеры кератин и меланин, представляющие интерес для производства материалов для медицины и пищевой промышленности (ACS Omega)...

...за триста лет, с 1700 года, места обитания, подходящие для азиатских слонов, сократились на 64%, или на 3,3 миллиона квадратных километров (Scientific Reports)...

...изотоп ртуты помог доказать, что сосудистые растения широко колонизировали сушу уже в раннем силуре, приблизительно 444 млн лет назад (Science Advances)...

...создан транзистор из пробкового дерева, из которого удалили лигнин, а на его место закачали проводящий пластик (PNAS)...

художник Гариф Басыров



Короткие заметки

Большой брат проследит за стрессом

«Нет, мы ни в коем случае не хотим дать компаниям инструмент, чтобы отслеживать сотрудников, испытывающих стресс в офисе. Наша цель — облегчить бремя самих работников, чтобы они по ранним симптомам опознали, что находятся в состоянии стресса, и предприняли меры раньше, чем этот стресс приведет к чему-то серьезному», — так пытается оправдаться Жасмен Керр, которая вместе с Марой Нёгелин провела очень интересную работу в цюрихской Швейцарской высшей технической школы. А суть была в том, что они создали приложение, которое анализирует стиль работы человека с клавиатурой и мышкой, а потом определяет уровень стресса, который испытывает человек от выполнения офисной работы (Journal of Biomedical Informatics, апрель, 2023).

В исследовании приняли участие 90 добровольцев, которые выполняли привычную офисную работу: набирали на компьютере тексты, анализировали табличные данные, писали отчеты. А за ними наблюдали — фиксировали, как участники работают с клавиатурой и мышкой и частоту пульса, и время от времени спрашивали, чувствуют ли они стресс и какова его степень. Различия в поведении людей, которые быстро уставали от офисной работы, и тех, кому она была нипочем, оказались очень значимыми, гораздо более значимыми, чем изменения частоты пульса. Так, человек, испытывающий стресс, несколько дольше водит курсором мышки по экрану, менее точно попадает им в целевые участки; при наборе текста он делает больше ошибок и совершает много коротких пауз. А люди, которые не испытывают стресса, и курсор мыши точнее наводят, и паузы делают реже, правда, они продолжительнее.

Причина различия известна физиологам: повышение уровня стресса замедляет восприятие человеком информации, а также снижает способность к тонкой работе пальцев. Однако удивительно, что эти характеристики оказались более значимым индикатором, чем частота сокращения сердечной мышцы. А ведь раньше считали, что именно на пульс надо ориентироваться при оценке уровня стресса.

Исследователи создали приложение, которое проводит мониторинг работы с клавиатурой и мышкой, частоты сокращений сердца, и время от времени задает вопрос о самочувствии. Сейчас этим приложением пользуются работники швейцарских офисов, которые согласились участвовать в широкомасштабном тестировании новой технологии. Однако этический вопрос — не станут ли компании тайно ставить подобное приложение на компьютеры работников и использовать полученные результаты для кадровых решений — пока что не получил внятного ответа.

С. Анофелес



Татьяна Тихонова

Иллюстрации Елены Станиковой

Мельница

Белка оторвала горбушку от теплого еще каравая, куснула, выскочила из дома и побежала вприпрыжку по пыльной дороге. Торопилась. Мать в спину ей проворчала, что «надо козу подоить, кур поить, нечего по околице с мальчишками гонять». Она пыталась кормить Глебку, братец спал, выпитив толстые губы...

Оставалось перелезть через изгородь и нырнуть в густую траву на обочине. Трасса выше головы. За полем сразу лес, рукой подать. Потянуло сыростью и холодом от оврага. Где-то внизу, в зарослях кустарника, шумел ручей. Белка сиганула вниз, цепляясь за ветки кустов, чтобы не расшибиться. И замерла.

Загон был на месте. Как и вчера, когда она на него наткнулась, забредя сюда. Испугалась насмерть. Потому что в углу загона лежал зверь.

Он и сейчас был тут. Ростом с теленка. Коротконогий, длинношей, голова маленькая, будто змеиная, а жала нет. Вчера его стошнило. Глаза измученные, глупые иногда открывались, а потом закрывались.

«Страшный. Откуда выполз? Из болота, наверное», — подумалось Белке.

Белка пролезла сквозь странные тонкие железные прутья — такие она никогда не видела. Попробовала позвать — почмокала губами, поцокала языком, посвистела.

Зверь не двинулся, не откликнулся.

Сунула горбушку под нос. Не чует. Подняла его голову. Опять поднесла горбушку. Голова зверя свисла, будто у тряпичной куклы. Отпустила. Голова упала. Белка зачерпнула воды из ручья, прибежала, вылила на голову зверю. Не шелохнулся.

— Сдох, — прошептала девчонка.

— Кинетоз. Он не ест хлебобулочные изделия, — проскрипел кто-то.

Проскрипел совсем рядом, аж по спине холодом дало. Белка поискала глазами того, кто говорил.

И шарахнулась в сторону, уронила горбушку. Это забор из странных прутьев... разговаривал. Сейчас он шевельнулся, и стало видно говорящего.

— Хлебобулочные изделия диплодоки не едят.

Девчонка мелко задрожала. Она наконец рассмотрела того, кто с ней говорил. Не отличишь от забора, железный, и шип на голове трясется. Трясется и трясется.

— С голодухи все слопаешь, — пробормотала нерешительно Белка.

Тут из-под руки метнулась змеиная голова и сожрала горбушку. А шея толстая, шевелящаяся... Была она будто гадюка, обожравшаяся зайцами. Прошлым летом дед приволок из этого же оврага. Девчонка оступилась и села. Заплакала.



Страшилу стошнило. Горбушка вылетела из глотки.

— Не едят, — выдавила Белка.

— Не едят, — повторил Железный, закрутил башкой. Отделился от ограды и принялся что-то говорить, уставившись на ель напротив.

Вековая ель задрожала и стала дергаться. Поплыло ма-рево. Так бывает в жару над полем. Вот уже и не ель.

«То ли мельница, то ли большой сарай. Нет, мельница. С оторванным колесом, как та, что заброшенная стоит на дальнем ручье».

Девчонка принялась икать.

А из мельницы выбрался мужик. Зипун его был серый и переходил сразу в штаны.

«Мельники все злые, Панька говорила». — Белка прива-лилась без сил к жёсткой ограде.

— Мимикрия барахлит. Ну что вы тут устроили, Саня? — тихо сказал мужик, с улыбкой поглядев на девчонку. Подошел, присел на корточки. — Испугалась? Ты на дочку мою похожа, на Альку. Нучто с тобой делать, бедолага? — Мужик погладил по голове страшилу.

Тот закрыл глаза. А мужик посмотрел на Железного.

— Девчонка права. От воды он очухался. Тебя как звать? Ты молчи, это ничего, только не пугайся так. Что ж мы на бли-жайшие миллион лет в округе всех распугали-то, Саня? Дочка летала со мной в прошлый раз в экспедицию, и как успела затащила зверушку на борт, ума не приложу. Не заметил, чуть с корабля не списали. Сам виноват, понятное дело. И конечно, Митя не прижился у нас. Чахнет он, не ест совсем, сама видишь. И укачивает его, теперь вот остановку сделали с Саней. А тут ты...

Он рассмеялся, испытующе глядя на девчушку. Та оша-левшими глазами уставилась на мельницу без колеса за его спиной.

И мужик в сером зипуне опять принялся рассказывать, как Митя у них шлепал по комнатам ночью, щипал искусственный бамбук на полу, спать не давал...

— А от бамбука его опять рвало, или не от бамбука. Как био-логи сказали, воздух ему совсем не подходит. Вот везем назад, в родные места, в прошлое.

Говорил и говорил, то к Железному поворачивался, то к Белке.

— И вчера, наверное, ты приходила. Рассыпанные грибы помнишь, Сань? Спасать прибежала. Чудо конопатое. Пере-пугалась насмерть. Как бы ее разговорить? Алиску давно не видел, да.

Мужик-мельник встал, собрал в охапку длинношеего, по-ложив его голову на плечо. Кивнул Железному: «Пошли, Саня», обернулся к Белке.

— Прощай. Хороший ты человек, Митю вот не бросила. Ну не поминай лихом.

И они пошли к мельнице друг за другом.

— Забор убери.

— Блок С-301 собирается после его полного освобождения.

— Да я помню, Саня, проследи, чтобы все хорошо было, ничего не осталось.

— Приступы кинетоза и интоксикации у диплодока Мити сопровождались рвотой и диареей.

— Это по природе, землей присыпь.

— Землей присыпать, — монотонно повторял Саня. — Алиску давно не видел.

— Я тоже.

— Завтра выходной.

— Поеду, да, Саня.

— Саню возьми.

— Возьму, как я тебя не возьму...

Вот у мельницы лестница принялась складываться, потянула за собой забор. Все скрутилось и убралось. Мельник выглянул, махнул рукой. Дверь бесшумно закрылась.

Белка шагнула было к задрожавшей мельнице, но остано-вилась.

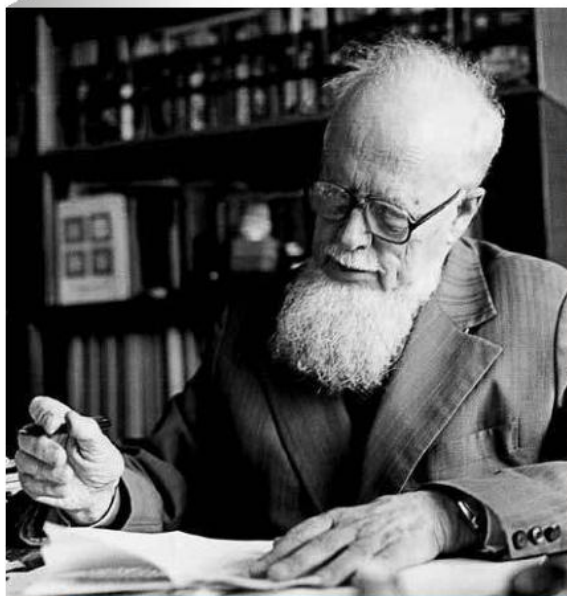
«А мельник вроде бы не злой, и Кинетоз этот».

И мельница исчезла.



ВСЕРОССИЙСКАЯ
ПРЕМИЯ «ИСТОК»
ИМЕНИ АКАДЕМИКА
И.В. ПЕТРЯНОВА-
СОКОЛОВА

ЕЖЕГОДНАЯ ПРЕМИЯ
ПРИСУЖДАЕТСЯ
УЧИТЕЛЯМ ФИЗИКИ,
ХИМИИ И БИОЛОГИИ
ЗА ВЫДАЮЩИЕСЯ
ЗАСЛУГИ В ОБЛАСТИ
ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ
ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ,
ИНЖЕНЕРОВ И
ТЕХНОЛОГОВ



ВРУЧЕНИЕ ПРЕМИЙ
«ИСТОК» СОСТОИТСЯ
7 ОКТЯБРЯ 2023 ГОДА
В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ

ПРЕМИЮ «ИСТОК»
УЧРЕДИЛИ ПРЕЗИДЕНТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК И ГУБЕРНАТОР
НИЖЕГОРОДСКОЙ
ОБЛАСТИ



Правительство
Нижегородской
области