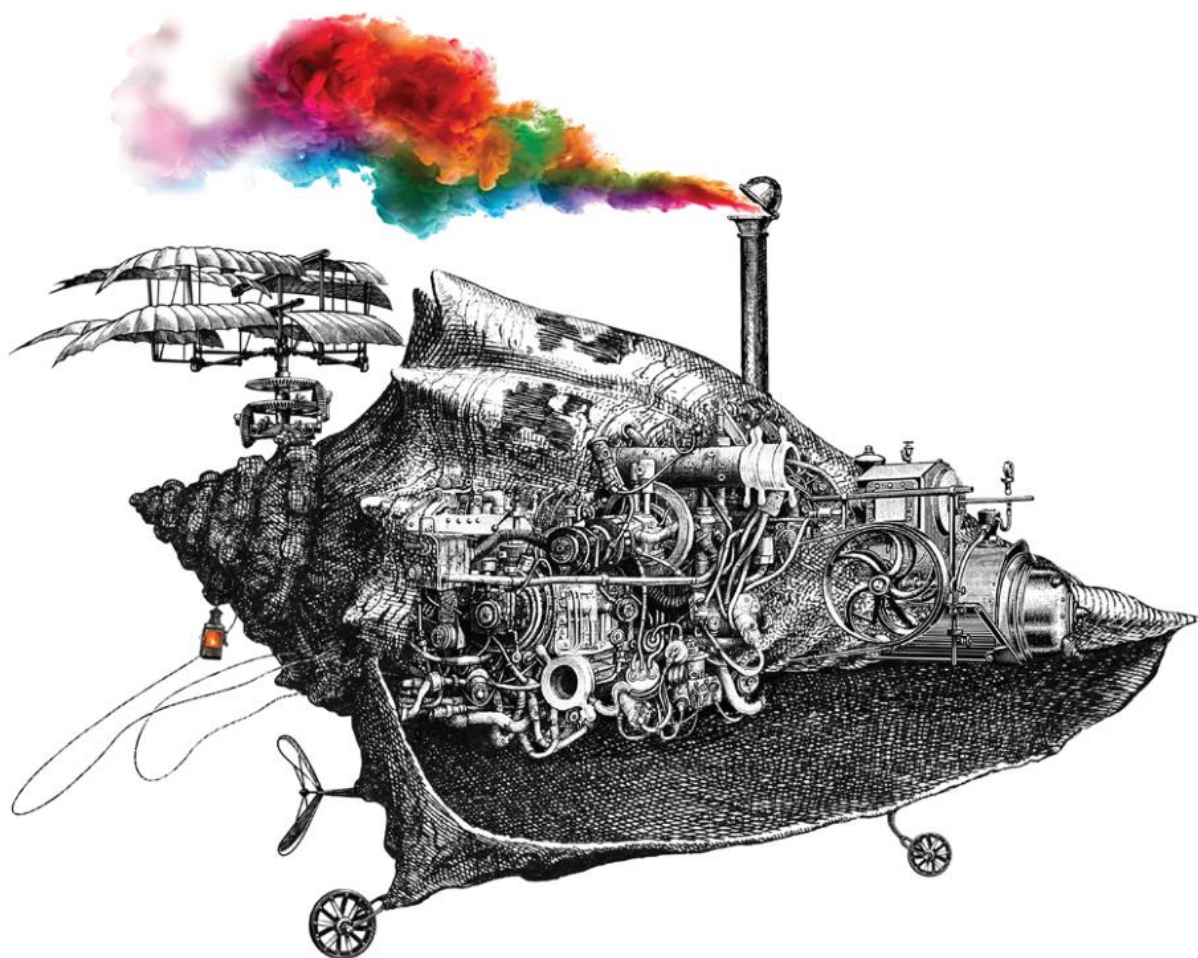




ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

5 / 2024





JdM '94



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
рисунок Александра Кука

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
картина художника Jos de Meu «Окно с
видом на улицу и вовнутрь». Искусствен-
ный интеллект скоро сможет моделиро-
вать самые невероятные образы. Об этом
читайте в статье «Идеи превращаются...»

*Чему бы жизнь нас ни учила,
Но сердце верит в чудеса...*

Ф.И. Тютчев

Содержание

Архив

ПОБЕДА НАД ФАШИЗМОМ 2

Глубокий эконом

ЦЕНА ДЕКАРБОНИЗАЦИИ. С.М. Комаров 6

История завтра

ИДЕИ ПРЕВРАЩАЮТСЯ. А. Речкин 14

Проблемы и методы науки

ОХОТА НА ДЕВЯТУЮ ПЛАНЕТУ. А. Гурьянов 20

Болезни и лекарства

ИБУПРОФЕН: НЕ ТОЛЬКО ОБЕЗБОЛИВАНИЕ.

Е. Липтус, А. Мачулин, Е. Дерюшкевич 24

Земля и ее обитатели

ГНЕЗДОСТРОЕНИЕ КАК ИСКУССТВО КОМПРОМИССА.

Н. Анина 36

Что мы едим

МОЛОКО ДЛЯ ВЗРОСЛЫХ. Н. Резник 40

Панацея

КАПУСТА. Н. Ручкина 44

Спросите учителя

НЕБО, СВЕТ И ЦВЕТ. В.М. Хуторецкий 50

Фантастика

ИГРА ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ. А. Машкина 54

Нанофантастика

ГОРОД — ЭТО ГДЕ МНОГО ДОМОВ. Ю. Коханов 64

Результаты: алгоритмы и роботы 17

Разные разности 30

Результаты: нейрофизиология 47

Книги 60

Реклама 61

Короткие заметки 62

Пишут, что... 62



Фото: ТАСС

Победа над фашизмом

Она была необходима человечеству, чтобы сохранить на земле жизнь, и поэтому память о Сорок пятом вечна, как сама жизнь.

Если бы мы не уничтожили фашистский рейх, мир был бы ввергнут в каннибализм, в средневековье. Это было бы страшнее чумы, опустошавшей Европу в средние века.

Страшнее тем, что фашизм пытался воцариться тогда, когда с чумой уже научились справляться. Фашизм же сделал чуму своей союзницей, а преступное невежество и отрицание науки — пиратским государственным флагом. Физику они объявили несуществующей — вместо нее у них была «арийская физика». И была «арийская биология» — уничтожение

инакомыслящих или даже инаковыглядающих, не соответствующих стандарту «высшей расы».

Помни о них — обо всех, кто был на войне. Кем бы он ни был — стрелком ли, шофером или командармом. Или военным химиком, которому так и не пришлось пустить в дело на войне свою главную специальность.

Помни и о том, что Великая Отечественная война, которой подвел черту тридцать лет назад салют Победы, была смертельным противоборством не только оружия и терпений, и не только идей и стратегий. В двадцатом научно-техническом веке это было сражение производств, экономик и наук. Поэтому помни, что вместе с солдатами в Сорок пятом победили рабочие и мастера, инженеры, доктора наук, военные медики и сугубо гражданские химики.

Мы хотим верить, что войн никогда не будет и что только справедливость и мир будут даны следующим поколениям. Дорогу к этому пролагает наше социалистическое Отечество, дорогу к этому пролагает наука, пролагает научная идея о разумном экономическом и социальном переустройстве жизни на планете Земля. Помни о том, что право на все это дала нам Победа над фашизмом, одержанная в Сорок пятом.

Она была необходима человечеству, чтобы сохранить жизнь, и поэтому память о Сорок пятом вечна, как сама жизнь.

Академик А.Е. Ферсман: «Война и стратегическое сырье»

В годы Великой Отечественной войны Александр Евгеньевич Ферсман в основном занимался проблемами стратегического сырья для нужд обороны. Широко известна его книга «Война и стратегическое сырье». На ту же тему он написал несколько статей, опубликованных в разное время в газетах и позже не переиздававшихся.

Воспроизводим две такие статьи, связанные единой темой: земные недра, стратегическое сырье, естественные науки и обороноспособность страны. Первая статья написана в начале войны (опубликована в газете «Уральский рабочий» 11 ноября 1941 г.), а вторая — в конце: она увидела свет лишь после смерти А. Е. Ферсмана — 23 августа 1945 г. на страницах «Вечерней Москвы». Обе статьи выверены и отредактированы заново по авторскому машинописному оригиналу.

*Публикация Е.М. Ферсман.
Статьи печатаются с сокращениями.*

I. Проблемы Урала и стратегического сырья

...Отечественная война выдвинула ряд совершенно новых, исключительно сложных научных, технических и чисто практических проблем, которых не знала история всех войн, всех времен и народов.

Война потребовала грандиозных количеств стратегического сырья; подсчеты показывают, что для армии в 300 дивизий необходимо не менее 30 миллионов тонн стали, 250 миллионов тонн угля, 25 миллионов тонн нефти, сотни тысяч тонн марганца, хрома, никеля, меди и других металлов. Бесконечное разнообразие различных химических веществ, начиная со сплавов и кончая сложными продуктами переработки нефти и угля и пластмассами, — все это сейчас требуется в громадных количествах и представляет проблемы огромного, часто решающего военного значения...

Победа над фашизмом

Она была необходима человечеству, чтобы сохранить на земле жизнь, и поэтому память о Сорок пятом вечна, как сама жизнь.

Если бы мы не уничтожили фашистский рейх, мир был бы повергнут в каннибализм, в средневековье. Это было бы страшнее чумы, опустошавшей Европу в середине века.



Только шесть, химических элементов не нашли себе применения в военной технике. Проблемы стратегического сырья потребовали целого ряда государственных мероприятий, в которых переплетались задачи геологии и географии, экономики и технологии, военной химии и военной стратегии. И таким образом, во всех воюющих странах наравне с фронтом военных операций, боевым фронтом армий, выдвинулся фронт тыла с его организацией военного снабжения, заводами, фабриками и их техническим обслуживанием.

Победа в сложной современной обстановке зависит не только от самих армий, но и прежде всего от их своевременного, бесперебойного, постоянного снабжения тысячами различных объектов стратегического сырья и военного снаряжения.

Борьба за сырье, за месторождения стратегического сырья, за мировые рынки оказалась одним из важнейших элементов современной войны, она началась еще задолго до первой агрессии фашистов и их нападения на Чехословакию и Польшу, она велась со стороны Германии и Италии огромной подпольной

работой, подкупам, скупкой акций и целых месторождений, подготовкой диверсионных актов, изучением соседей и нейтральных стран.

И когда началась открытая война, Германия в целом ряде своих выступлений подчинила свою стратегию проблемам сырья. Не имея в своих недрах ни вольфрама, ни никеля, ни сурьмы, ни молибдена, испытывая суровый голод в меде и свинце, в нефти и черном металле, Германия поочередно бросалась на своих соседей, не только желая создать плацдармы для своей авиации, но чтобы завладеть рудниками молибдена, хрома и колчедана в Норвегии, богатейшими рудниками меди, сурьмы, свинца и никеля на Балканах...

Когда фронт фашистских орд, губя поля, села и города, стал продвигаться к востоку, а его авиация разрушала прилегающие к фронту районы, все определеннее и ярче стало вырисовываться значение всех районов нашего Союза, которые далеки от фронта сражений, где спокойно и деловито может развиваться работа, где рождается мощный фронт тыла, дающий металл и броню, цемент и взрывчатые вещества...

Уральский хребет — великая геологическая единица нашего Союза — не только сам по себе носитель почти всех химических элементов Менделеевской таблицы. Сила и мощь его и в тех полосах, которые окаймляют его с запада, с их богатствами солей, угля и нефти, и полосами с востока, еще не вскрытыми геологической разведкой, но таящими несметные богатства, о которых мы пока можем условно судить по недрам Казахстанских степей.

Металлы Урала, угли Печоры и Караганды, нефть Второго Баку и Эмбы, соль Соликамска и Нижнего Поволжья..., месторождения цветных и редких, металлов Казахстана, Тяньшаня и Алтая, разнообразное богатство ископаемых Салаира, Саян, вплоть до самого Байкала. Во всей этой грандиозной картине богатств недр советского востока совершенно особую роль играет Урал, не только по своему географическому положению, не только по своей связи с углем и солью, не только по разнообразию запаса полезных ископаемых.

Мощь Урала заключается в его многовековой истории горного дела. Мощь Урала в его высокой технической культуре рабочего, техника, мастера и инженера. Мощь Урала в его научных и научно-технических учреждениях — рассадниках новой передовой мысли, начиная от маленьких заводских лабораторий и кончая совершеннейшими институтами и Уральским филиалом Академии наук.

Сейчас на восток Советского Союза и на Урал ложится ответственная задача взять на себя главнейшие линии снабжения воюющей против фашизма армии, удвоить и утроить выдачу руды, выплавку металла, многочисленными поездами направлять на запад все больше и больше танков, машин, снаряжения, взрывчатых веществ, снарядов и самолетов.

И в этот ответственный момент огромного напряжения не терпят промедления острейшие проблемы, поставленные перед самим Уралом.

Большие проблемы стоят перед технологами и инженерами производства. Нет времени сейчас строить новые технические и технологические схемы, проверять на опытных заводах результаты научных изысканий; надо сейчас на месте возможно интенсифицировать, укреплять существующие предприятия, цеха, полностью использовать всю массу сырья... Надо помочь планомерно и быстро наладить производство на тех заводах, которые были перенесены из районов, находящихся под угрозой нашествия фашистов...

Огромные богатства Урала заставляют критически пересмотреть все то, что накопилось за 200 лет его исследований. Много можно в нем поднять сейчас для нужд армии, ибо список стратегического сырья предъявил новые требования и выдвинул новые объекты горного дела.

Цирконы Ильменских и Вишневых гор как новое сырье для получения столь важного металла, как цирконий; асфальты западного склона Урала с их богатой ванадием золотом; новые источники сульфидных руд, богатых индием, германием, галлием и особенно кобальтом, новые для Урала проблемы сурьмы и ртути...

Исключительные богатства Урала металлом, техникой и человеческой волей определяют собой ту грандиозную программу, которая стоит перед Уралом в борьбе за стратегическое сырье.

Самая главная опасность — в распылении сил и внимания. Главная задача — сконцентрировать всю энергию, всю мощь научного знания, все транспортные возможности и механическое оборудование на отдельные ударные точки. В борьбе за стратегическое сырье должна быть своя тактика и своя стратегия.

Это не стратегия мирного времени, которой мы занимались, разрабатывая планы пятилеток или увлекаясь широкими проблемами генерального плана, — это стратегия, столь же жесткая и неумолимая, как стратегия войны, стратегия, ломающая старые формы, привычки, желания и надежды. Стратегия, срочная во времени и пространстве, не терпит отсрочки, ибо каждая тонна недоданного железа, никеля или алюминия равносильна недоданному танку или самолету...

Стратегия сырья есть та главная проблема, которая стоит на очереди перед Уралом и востоком нашего Союза, и в ней мы располагаем лишь месяцами для быстрых решений. На геологах лежит эта задача — выбрать ударные точки, бросить все силы на подготовку рудных запасов, помочь скорейшим их использованием...

Урал, мы не сомневаемся, сумеет поднять лавину металла, брони, солей и цемента против фашистского нашествия, обеспечит доблестную Красную Армию всем, что ей нужно в борьбе...

II. Успехи геологии и геохимии в деле изучения полезных ископаемых СССР

Архив

Химия и жизнь, 1975, № 5

Скоро мы сможем подвести итоги геологическим исследованиям в годы войны, посчитать свои успехи и рассказать нашей стране о том, что сделала геологическая наука в эти годы, что нового открыла и какие новые перспективы наметились в нашей стране. И хотя сейчас мы еще не можем раскрыть всю картину наших исследований, тем не менее попытаемся наметить основные черты этих работ.

Огромная работа геологов, геохимиков и петрографов нашего Союза была направлена в основном на изучение проблем полезных ископаемых, на помощь нашей промышленности, и блестящие новые открытия обогатили нашу страну и несомненно расширили список самих ископаемых.

На первом месте наиболее острые и важные проблемы стратегического сырья. Прежде всего здесь следует указать на блестящие завоевания в области марганца — металла войны и мира, без которого не может обойтись сталь. Наша страна вообще исключительно богата месторождениями этого металла, но они географически расположены не очень удачно, на юге Украины и на западном Кавказе. И поэтому советским геологам предстояло обеспечить марганцем нашу восточную индустрию, особенно Урал; при этом подтвердилось старое правило русских исследователей: если поищешь, то и откроешь богатства...

И действительно, был открыт ряд месторождений, тянувшихся полосой на Урале, а также в Казахстане и особенно в Западной Сибири вплоть до Саян и Байкала.

Ряд открытий сделан в области столь важных для техники редких металлов — олова, вольфрама, молибдена, лития, ниобия, ванадия и других. Наиболее интересными являются богатства Средней Азии, Казахстана и Восточной Сибири. Среди песков и безводных хребтов Казахстана готовятся к освоению новые месторождения своеобразных руд — черных угольных пород, богатых ванадием. В степях Коунрада на север от озера Балхаш — прекрасные жилы с кварцем и молибденитом. А еще севернее с ними связаны новые месторождения редчайших и легчайших металлов.

И в то время, как Казахстан открывает новые источники редких металлов — лития, молибдена и ванадия, Урал — наша сокровищница различных металлов — снова порадовал своими богатствами, и снова на лесистых склонах хребта новый металл огромного значения стал открываться на берегах прекрасных озер — это замечательные руды ниобия. На том же Урале наметились источники кобальта.

И наконец, далекий север Сибири: среди тайги и болот за полярным кругом наметились мировые богатства никеля, кобальта, палладия и других редких металлов...

В области неметаллических ископаемых наша страна за последние годы сделала крупнейшие и ценные открытия. Это новые различные месторождения огнеупоров, кварцевых песков, глин, каолинов, графитов — все то, что нужно для строительства, черной и цветной металлургии. Многочисленные предприятия и фабрики выросли на Урале и на Кавказе, в Сибири и в Приморье. Успешно решается проблема легких металлов, и прежде всего алюминия и магния — основы всей нашей авиации. Новые центры алюминиевой промышленности растут на наших глазах на горном Урале. Благодаря работам Геологического института Академии наук СССР обнаружены многочисленные месторождения алюминиевых руд, которые тянутся с Северного Урала к степям Казахстана. И на западном склоне Южного Урала наметились новые месторождения этих своеобразных, трудно отличимых бокситовых руд.

Я заканчиваю краткий обзор тех замечательных открытий, которые сделаны были нашими геологами и геохимиками за годы войны.

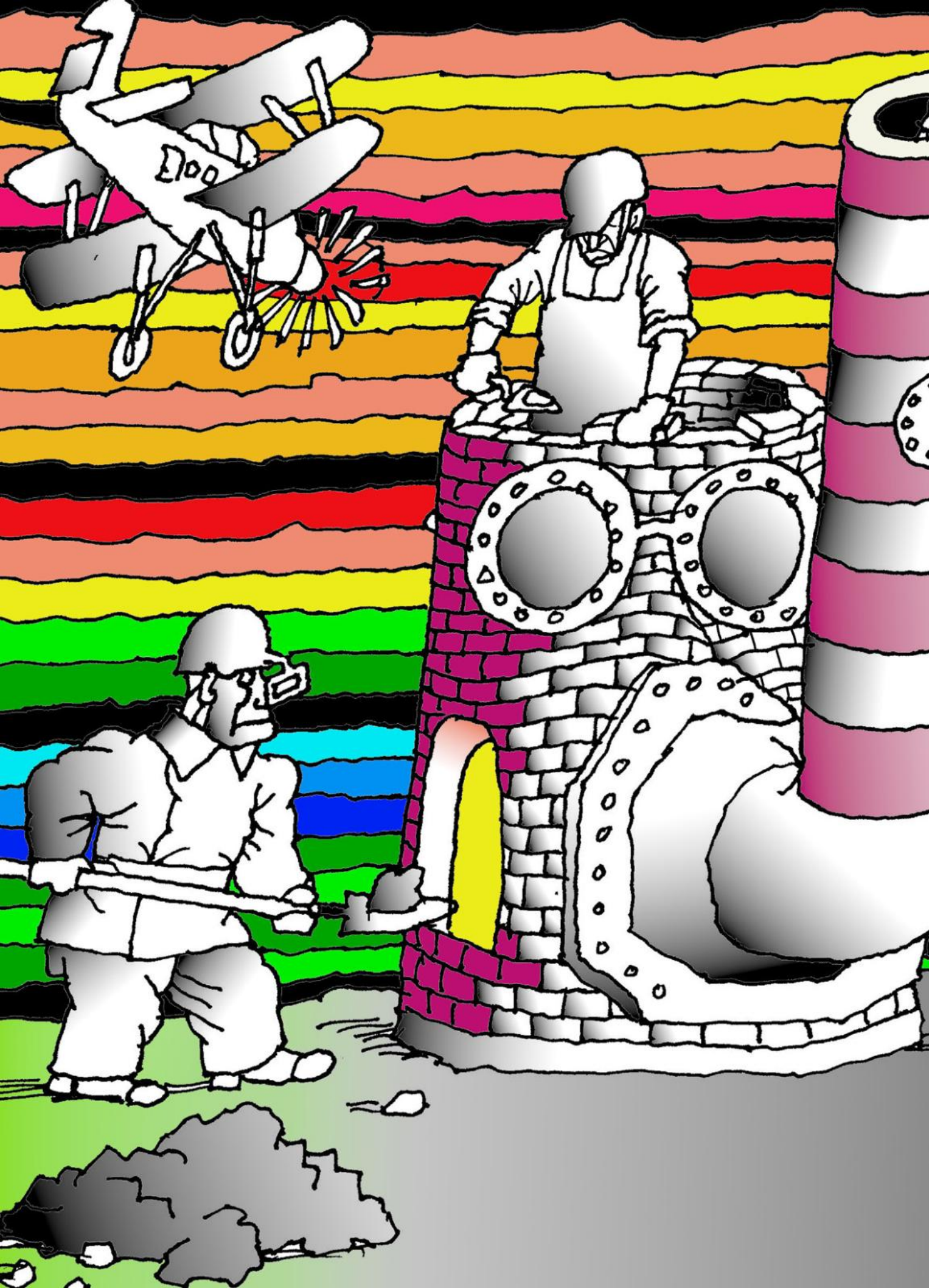
И значение этих открытий не только в укреплении мощи нашей страны, не в расширении нашего познания геологии и геохимии СССР, а в открытии целых новых областей с полезными ископаемыми — новыми будущими центрами промышленности и хозяйства...

Три новых района наметились сейчас. Прежде всего речь идет о своеобразном и замечательном районе Алдана, притока Лены, где геологи открыли новые источники разнообразнейших пород и минералов (прекрасную слюду для электротехники, графит, рубин, сапфир, чистый горный хрусталь для радиотехники и руды различных редких металлов).

Второй важный район — это район Верхоянского хребта и хребта Черского, протягивающийся вплоть до Ледовитого океана на севере и Охотского побережья на востоке. Эта грандиозная область еще не освоенных районов по раздолью рек Лены и Яны, Индигирки и Колымы — это будущее наших цветных металлов.

И наконец, мы не должны забывать о новом, рождающемся к жизни районе Карпат, освобожденной территории Западной Украины. Здесь уголь и нефть, газ и строительные материалы. Нам предстоит открыть новую страницу в истории Карпат.

Так наметились новые центры минерального сырья в нашей стране, и молодые геологи уже подготавливают к весне новые экспедиции, для того чтобы скорее превратить эти богатства Земли в богатства промышленности и народного хозяйства.



Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Цена декарбонизации

Сколько реально свести к нулю выбросы углекислого газа в промышленности? Есть ли для этого технологии? Во сколько все обойдется? Без ответа на такие вопросы декарбонизация оказывается замком, построенным на песке.

Эмиссия промышленности

Промышленность потребляет 35% энергии, расходуемой человеком, и в результате своей деятельности обеспечивает 25% выбросов углекислого газа. Основные источники промышленной эмиссии парниковых газов — это такие многотоннажные производства, как металлургия, особенно черная, изготовление цемента, извести, бумаги, строительной керамики, алюминия, а также пищевая, химическая и нефтехимическая промышленность. А согласно планам декарбонизации, без которой не выполнить обязательств Парижского соглашения, к 2050 году никаких выбросов CO_2 в атмосферу от промышленных производств быть не должно. Как достичь нулевой эмиссии?

Методика в принципе понятна и список действий включает четыре пункта. Это внедрение новых технологических процессов, не использующих углерод; применение энергии, полученной без выбросов ископаемого углекислого газа; если отказаться от углерода не выходит, то улавливание углекислого



Иллюстрация Сергея Тюнина

газа с последующей утилизацией или захоронением углерода как в виде газа, так и в твердом виде; повышение общей эффективности использования энергии и сырья. Экскурсию по имеющимся в металле или хотя бы на бумаге объектам и технологиям, позволяющим выполнить эту программу, начнем с главного — с энергии.

Совмещая тепло и электричество

В промышленности энергия представлена теплом, или паром, и электричеством. Тут есть интрига: промышленность требует много тепла, однако энергию хочется сэкономить. Поэтому на производствах избыточное тепло, если оно есть, используют для выработки электричества, то есть получают так называемую когенерацию; она позволяет экономить от 30 до 80% энергии. Тепло же берется, например, от сжигания побочных продуктов либо, как в домне, выделяется при экзотермической реакции с участием углерода.

А теперь представим, что от углерода, а тем более от сжигания содержащих углерод веществ, в технологическом процессе отказались и на заводе поставили солнечную батарею. Электричества она сколько-то даст, а с теплом все не так ладно. Поэтому возникает опасность, что, даже несмотря на выбросы парниковых газов и штрафы, налагаемые на выбросы, инженеры все равно предпочтут проверенную схему энергоснабжения (за счет сжигания ископаемых углеводородов) всяким модным новациям.

Как бороться с такой косностью? Подходы имеются. Прежде всего, это возврат к биотопливу, то есть сжиганию тех же углеводородов, но не ископаемых. Конечно, у дров или соломенного кизяка удельная энергоотдача гораздо меньше, чем у каменного угля, однако для некоторых видов промышленности и ее вполне хватит. Во всяком случае имеющиеся промышленные установки по когенерации на биотопливе дают 63% эффективности по теплу и 22% — по электричеству по сравнению со сжиганием угля. Сжигание водорода оказывается более проигрышным по теплоотдаче: 38–45% по сравнению с газом, зато электричества получается больше, чем от кизяка — 30–36%. Почему именно кизяка? Потому что быстрорастущие гигантские травы вследствие своей высокой скорости роста считаются наиболее перспективным биотопливом декарбонизированного мира. Правда, называют их более благозвучно, не кизяк, а топливные брикеты. Впрочем, и пеллеты из размолотых быстрорастущих побегов ивы, тополя и павловнии тоже идут в дело.

При использовании биотоплива возникает проблема золы, о которой, как правило, не упоминают. А зря. Ведь золы от сжигания растений получается гораздо больше, чем при сжигании угля, не говоря уже о мазуте и природном газе. Проблема золы в том, что

если режим горения выбран не оптимально, то зола окажется загрязнена диоксинами и тогда ее никак нельзя отправлять на изготовление калийных удобрений, а придется надежно захоранивать на специально оборудованных полигонах. Именно с этой проблемой ядовитой золы уже столкнулись многие владельцы мусоросжигающих заводов.

А что топливные элементы, о которых так много говорят? В принципе, высокотемпературные твердооксидные элементы вполне могут давать одновременно и тепло, и электричество. Их эффективность неплоха, по теплу она не превышает 30%, зато по электричеству доходит до 60%. Основной недостаток этой технологии — высокая стоимость элементов, малый срок службы, 9–15 лет по сравнению с 25 годами для печей, и главное, отсутствие водородной инфраструктуры, способной обеспечить необходимые объемы топлива.

В общем, талантливые инженеры имеют широкое поле для проявления своих способностей, специалисты же по декарбонизации считают, что удастся перейти на зеленую когенерацию тепла и электричества во всех отраслях промышленности, кроме цементной и стекольной.

Как сменить котел?

С заменой паровых котлов ситуация выглядит так. Если применять электрические бойлеры, то потребуется затратить всего на 2% больше энергии, а при сжигании водорода и биомассы — на 10%. Необходимое для такой замены оборудование отнюдь не фантазии инженеров, а вполне работающие промышленные установки. Самую высокую эффективность, впрочем, дают тепловые насосы, которые перекачивают так называемую низкопотенциальную энергию — тепло водоемов, тепло Земли: КПД, рассчитанный как затраты энергии на работу самого насоса к его теплотворной способности, может достигать 300%. Казалось бы, это лучшее энергетическое решение для декарбонизации. Однако есть проблема. Сейчас такие насосы больше всего используют в быту, для обогрева домов, и выходная температура не превышает 100°C. А для промышленности нужно по меньшей мере 200°C. Демонстрационные образцы с нагревом до 165°C уже имеются, а вот чтобы достичь большей температуры, требуются исследования.

Однако масштабы замены газовых котлов на «зеленые» бойлеры гораздо меньше, чем в случае зеленой когенерации: по мнению специалистов, это удастся сделать разве что в пищевой промышленности. В немалой степени виноваты высокая цена электричества, отсутствие водорода и огромные физические объемы биотоплива, которые нужно сжечь для замены газа или угля. Тем не менее уже сейчас в мире есть заводы, которые планируют полностью перейти на водородное топливо к 2030 году. Видимо, это не тот водород, который получают электролизом,

ведь он явно окажется дороже, чем само по себе электричество.

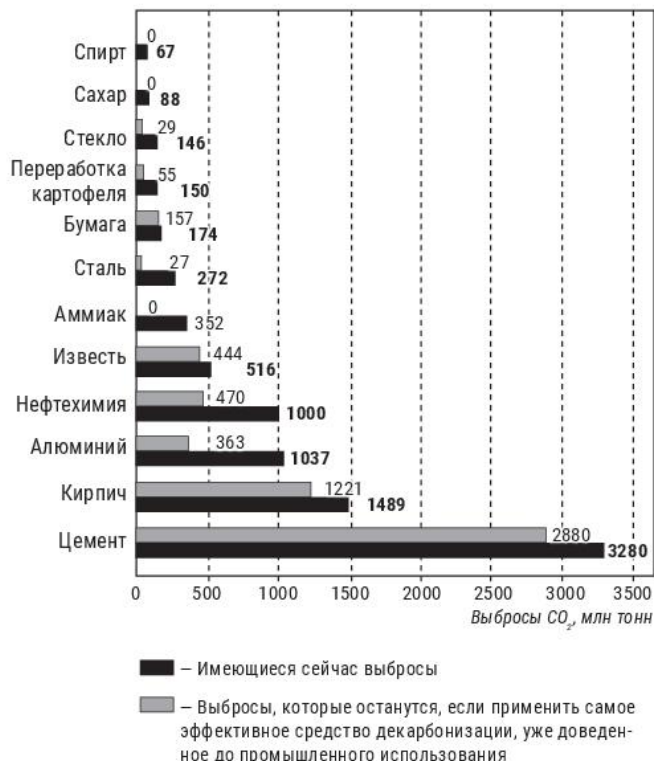
Чтобы представлять ситуацию с водородным топливом, полезно присмотреться к параметрам процессов по его производству. Есть два способа делать водород. Это разложение метана и электролиз воды. Первый процесс отлично работает и, более того, есть наработки, позволяющие переводить высвобождающийся при разложении метана углерод не в углекислый газ, а в твердую сажу, захоранивать которую гораздо проще. Однако декарбонизаторы все равно не примут такой водород, газовый или голубой, в зачет углеродного налога. Настоящий зеленый водород получают электролизом с использованием электроэнергии от возобновляемых источников и никак иначе. Есть, конечно, и природные источники водорода, выделяющегося из глубин земли в районе некоторых разломов. Наличие таких источников стало обоснованием гипотезы доктора геолого-минералогических наук В.Н. Ларина о гидридном ядре Земли, однако до практического использования такого подземного водорода дело пока что не дошло.

Сейчас хорошо отработана только одна схема получения зеленого водорода — низкотемпературный электролиз с использованием щелочного электролита и протон-обменной мембраны. Однако этот способ ведет к более чем семикратному росту затрат энергии по сравнению с паровой конверсией метана, если считать на единицу произведенного водорода. То есть исходя из закона сохранения энергии получается такая картина. Для декарбонизации требуется заменить сжигание природного газа в промышленности на сжигание водорода. Этот водород нужно получить электролизом воды. Пусть сначала электричество для него вырабатывает ТЭЦ за счет сжигания природного газа. Раз электричества требуется в семь раз больше, значит, придется сжигать по меньшей мере в семь раз больше газа, чем сейчас сжигает промышленность.

Ну а далее заменим ТЭЦ на солнце — ветер — воду и получим семи — десятикратный рост зеленых электрогенерирующих мощностей только для покрытия потребности промышленности в горючем топливе и зеленом водороде для технологических нужд. Несомненно, это блестящая идея, позволяющая оживить машиностроение, электронную промышленность, производство композиционных материалов и смежные отрасли, однако для экономии ресурсов такой способ не выглядит разумным.

Стекло и керамика, напитки и еда

Что может связывать стекольную, керамическую и пищевую промышленность? То, что используемые технологические процессы сами по себе не служат источниками ископаемого углекислого газа: вся эмиссия этих отраслей вызвана производством нужной им энергии.



▲ Как это ни странно, с использованием имеющихся технологий декарбонизировать промышленность практически не удастся. Основные источники массовых выбросов углекислого газа, а именно производства цемента, кирпичей и обожженной керамики, нефтехимия, изготовление извести сохраняются, а вкладом остальной промышленности на их фоне можно, в сущности, пренебречь. С учетом постоянного и быстрого роста производства цемента и кирпичей из-за массового жилищного строительства по всему миру, выбросы промышленности в обозримом будущем будут только расти

Стекло получают сплавлением диоксида кремния с различными карбонатными минералами, а керамику, прежде всего строительную, кирпичи, кафельную плитку и черепицу — сплавлением легкоплавких компонентов глины при обжиге. Температуры плавления при получении обоих материалов высоки и, значит, требуют немалых затрат энергии на нагрев. В пищевой промышленности нагрев гораздо меньший: энергия тратится на кипячение, сушку, охлаждение, заморозку продукции. Где-то используют электричество и без него не обойтись, где-то сжигают топливо.

Расчет показывает, что, заменяя источник тепла с ископаемого топлива на зеленый водород или электричество, можно избавиться в этих отраслях от 80% эмиссии CO₂. Другая возможность — использовать биотопливо. Надо признать, что возврат к дровам и кизяку на новом витке диалектической спирали отрицания отрицания при производстве стекла и кирпичей проходит отнюдь не гладко. Пока что хороших про-

мышленных печей на этом источнике возобновляемой энергии не придумано, разве что для ремесленного производства. Однако научно-технический прогресс на месте не стоит, и при создании достаточно мощных источников дров за счет разведения быстрорастущих гигантских трав и деревьев промышленные печи такого типа могут появиться.

Есть еще одна возможность — улавливать углекислый газ из печных труб и как-то его утилизировать. Этот процесс не дешев, он увеличивает затраты энергии на 15–25%. Однако, как видно из предыдущего раздела, такое увеличение выглядит несущественным по сравнению с тем, что возникает при включении в технологическую схему электролизного водорода.

Бумага

При производстве бумаги выбросы углекислого газа также возникают не как следствие непосредственно технологического процесса, а как результат получения энергии для него. Казалось бы, цифровизация должна вести к сокращению и в конце концов исчезновению бумаги из массового производства. Однако так не происходит, наоборот, специалисты прогнозируют, что за текущее десятилетие (2020–2030 годы) ее производство вырастет на треть. Причина опять в зеленой повестке, но при несколько другом угле зрения: бумага и картон оказываются экологически чистой заменой пластиковой упаковке. И с эмиссией углекислого газа у изготовителей бумаги тоже все в зеленом порядке.

Ведь бумагу делают из растений, а растения при переработке отдадут тот углекислый газ, который они поглотили из атмосферы в лучшем случае прошлым летом (если сырьем служат травы), а в худшем, — когда целлюлозу выделяют из древесины, 50–80 лет назад. То есть вредной эмиссии от бумажного технологического процесса быть не может даже теоретически.

С энергией же все несколько хитрее. Главный способ получения целлюлозы из растительной массы — химическая обработка, когда размолотую траву или древесину варят в коктейле из реагентов. Важным отходом служит так называемый черный щелок, жидкость, богатая органикой. Всего на тонну целлюлозы выходит 7 тонн черного щелока. Эту жидкость упаривают, а потом сжигают, и в результате получается даже больше энергии, чем было затрачено на вываривание целлюлозы и упаривание щелока. Понятно, что высвобождающийся при этом углекислый газ — это все тот же газ, изъятый современными растениями из атмосферы: поэтому такая эмиссия на изменении климата не сказывается.

Поэтому декарбонизация бумагоделательного производства состоит прежде всего в том, чтобы экономить энергию и пустить ее избыток для замены ископаемого топлива. Способы оптимизации разные. Например, это может быть снижение доли влаги в чер-

ном щелоке за счет мембранных технологий — тогда меньше энергии пойдет на упаривание. Совершенствование конструкции печей обеспечивает более эффективное его сжигание. Снижать затраты энергии помогает применение при сушке бумаги сверхкритического CO_2 и использование микроволнового излучения. В общем, у бумажников есть потенциал снижения выбросов углекислого газа в полтора раза в расчете на единицу продукции.

Впрочем, если быть последовательным и запретить эмиссию углекислого газа даже из современного углерода, тогда и бумажникам надо переходить на электрические или водородные печи, а от сжигания черного щелока отказываться. Что не только порождает дополнительные расходы, но и проблему — куда девать этот массовый и вредный отход производства?

Алюминий

Металлические элементы на поверхности Земли находятся, как правило, в окисленной форме, поэтому для получения чистого металла нужно у его оксида отнять кислород. Традиционно это делают с помощью углерода: поэтому металлургия служит мощнейшим источником промышленной эмиссии углекислого газа. А с алюминием ситуация иная: он не отдает кислород углероду. Поэтому для его восстановления применяют электролиз. Для этого алюминиевую руду, бокситы, растворяют в расплавленном синтетическом минерале криолите, фтороалюминате натрия $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$, и далее для электролиза используют угольный катод. В результате эмиссия углекислого газа при изготовлении алюминия складывается из трех источников: основную часть, 62–67%, дает выработка электричества; 13–16% приходится на тепловую энергию, которая расходуется в процессе расплавления бокситов, и еще 9–12% — прямая эмиссия за счет выгорания катода. С основной частью эмиссии все понятно: не надо делать алюминий там, где электричество получают сжиганием ископаемого топлива. Здесь Россия оказывается лидером зеленого производства алюминия, поскольку у нас его выплавляют в Сибири, используя энергию от мощных гидростанций.

Там, где нет такой возможности, а плавить алюминий хочется, нужно отказаться от сжигания угля или газа, а использовать либо атомную энергию, либо солнечную. В принципе, страны Сахеля не раз выступали с предложением застроить Сахару огромными полями солнечных батарей и использовать это электричество именно для металлургии — для электролиза железной руды и бокситов. Первая лежит в Сахаре почти под ногами в виде рыжих песков, а бокситы и так добывают главным образом в Африке и оттуда развозят по промышленно развитым странам для получения металла. Реализации этих идей мешает не только политика неокOLONIALИЗМА, но также нестабильность политических

режимов и отсутствие надежного правопорядка на территории самой большой пустыни планеты.

Что же касается двух других источников эмиссии, то тут можно использовать стандартные рекомендации, а именно: нагревать бокситы и криолит зеленым электричеством или сжигая водород. От угольного ка-тода при электролизе тоже можно отказаться. Эмиссия CO_2 упадет, но зато вырастут затраты электричества при электролизе на 20%. Тем менее в случае алюминия возможна полная декарбонизация.

Водород и сталь

Если при выплавке алюминия выбросы углекислого газа в какой-то степени случайность, связанная с несовершенством технологического процесса и желанием сэкономить электроэнергию, то в черной металлургии углекислый газ служит неизменным спутником самого процесса выплавки чугуна и стали.

Причина в том, что именно углерод отнимает кислород у оксидов железа, высвобождая металл из руды. И естественно, этот кислород, связавшись с углеродом, превращается в углекислый газ и удаляется прочь из домны, в которой железную руду с помощью угольного кокса превращают в жидкий чугун. Кроме того, и чугун, и сталь — это сплавы железа с углеродом, сделать их без углерода невозможно в принципе. А сталь получают из чугуна, выжигая в конвертере кислородом лишний углерод, который тоже становится углекислым газом. Отходящий из домны горячий углекислый газ можно использовать для когенерации тепла и электричества, но даже в этом случае общая эффективная эмиссия составляет 2 тонны CO_2 на тонну готовой продукции.

Инженеры не первый год ломают голову над тем, как бы избавиться от использования угля при производстве стали. Поначалу соображения декарбонизации были не главные. Дело в том, что уголь содержит много серы и фосфора, выжечь их из стали не удастся, а эти элементы приводят к хрупкости металла. И способ был найден — прямое восстановление железа водородом. На выходе получается водяной пар и чистое губчатое железо, которое затем превращают в сталь в электрической печи.

Комбинаты по производству такого железа построены, один из них — в Новом Осколе. Они действительно плавят в электропечи сталь из восстановленного водородом железа. Она обходится пусть и дороже обычной, из домны-конвертера, но зато ее качество выше. Однако для нужд декарбонизации у этой технологии есть дефект: водород-то не хороший, он получается из метана. То есть опять в атмосферу попадает ископаемый углекислый газ. А если получать водород электролизом, то выходит очень дорого и неконкурентоспособно.

Тем менее если не обращать внимание на это обстоятельство, а электричество получать с помощью

возобновляемых источников, то заменой угля на водород удастся сократить эмиссию черной металлургии на 89%. Более того, есть идеи, как улучшить процесс получения стали за счет прямого восстановления железа и при этом уменьшить потребление энергии на 60%. Наверное, такая сталь окажется даже дешевле, чем выплавленная из чугуна в конвертере. Наименьшую эмиссию CO_2 , впрочем, сулит электролиз железной руды, который способен снизить ее на 94% от нынешнего уровня.

А что если ничего не менять и просто забирать углекислый газ из печных труб металлургического комбината, а затем его захоранивать? Тогда эмиссия упадет на 86%, но затраты энергии вырастут на 17%. Как видно, чтобы получить «зеленую» черную металлургию, требуется много электричества, а с учетом объемов производства стали — очень много. Поскольку это электричество тоже должно быть «зеленым», в случае декарбонизации каждый металлургический комбинат нужно оснастить собственным хозяйством, черпающим энергию из возобновляемых источников.

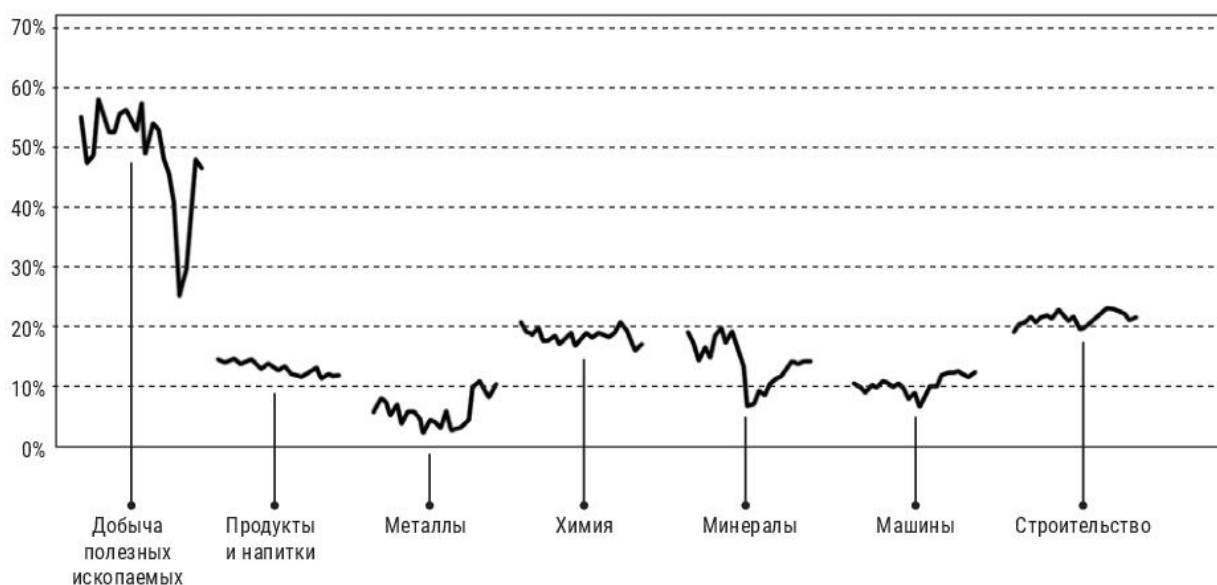
Хотя, если пофантазировать, можно представить и ситуацию, так сказать, распределенной металлургии вроде той, что была в КНР периода культурной революции, когда люди устанавливали небольшие домны в своих дворах. Только на сей раз это будут электролизеры для разложения железной руды на железо и кислород. А питаться они станут электричеством от расположенной на крыше дома солнечной батареи; так удастся решить проблему избыточной генерации солнечного электричества погожим днем.

Химическое производство

Номенклатура крупнотоннажной химии столь обширна, что, кажется, невозможно вычленишь в ней основные источники эмиссии углекислого газа. Это не так. Список выходит совсем не длинный, а на первом месте в нем стоит производства водорода из природного газа: 9 тонн эмиссии на тонну готового продукта. Затем этот водород отправится в различные химические процессы, а самое массовое использование ожидает его в производстве аммиака — сырья для азотных удобрений. Если теперь пересчитать эмиссию от получения водорода из метана на тонну аммиака, то она составит уже 2 тонны.

В общем, аммиак и продукты его переработки отвечают за 47% «химической» эмиссии углекислого газа. Если водород, полученный паровой конверсией метана, отправится на синтез метанола, это даст еще 28% эмиссии, в удельном же выражении 0,48 тонны углекислого газа на тонну продукта. Еще 27% добавляет паровой крекинг нефти, дающий этилен, пропилен, метан и другие продукты.

Ну а далее можно рассматривать опции декарбонизации. Так, если делать водород для аммиака по-прежнему из природного газа, но утилизировать



▲ *Размах колебаний отношения валовой прибыли к объему производства в период 1997—2019 год превосходит тот эффект, который вызовет декарбонизация промышленности (Energy Policy 184 (2024) 113904)*

образующийся углекислый газ, то можно достичь сокращения эмиссии на 87–94%, правда, за счет роста потребления энергии. Если же получать водород электролизом, то декарбонизация станет полной, главное, найти электричество для изготовления таких огромных количеств водорода. Получение водорода за счет газификации биомассы и пиролиз метана и вовсе могут увеличить расход энергии в полтора-два раза, однако в первом случае удастся избавиться от эмиссии ископаемого углерода, а во втором — перевести его в твердую форму — сажу, которую легче захоранивать, чем углекислый газ.

Переработку нефти, похоже, декарбонизировать еще сложнее, поскольку сейчас в качестве топлива служит получаемый при крекинге горючий газ. Отказ от его сжигания потребует использования для нагрева нефти электричества либо водородного топлива. Либо нужно тратить на улавливание углекислого газа из печных труб. Теоретически можно построить органический синтез на основе метанола, изготавливая его из биомассы. Однако тут возникает конкуренция с продуктами питания за пахотные земли.

Цемент и известь

Впрочем, самым значимым промышленным источником эмиссии CO_2 оказываются производства цемента и извести. И здесь эмиссия так же, как в черной металлургии, неразрывно связана с технологическим процессом. И так же получаемая продукция, как и металл, служит основой цивилизации в том виде, как

мы ее знаем: без цемента невозможно массовое строительство, а известь — неизбежный компонент производства множества материалов.

Эти два важнейших вещества связаны главным компонентом — оксидом кальция. Его получают из карбоната кальция, удаляя молекулу углекислого газа в результате обжига мела или известняка. Оксид кальция далее идет в производственную цепочку, а углекислый газ улетает. Поскольку карбонаты, как правило, это продукт биосинтеза, такой углекислый газ ничем не отличается от углекислого газа из ископаемых углеводородов. Его тоже миллионы лет назад извлекли из атмосферы планеты и связали в карбонатные минералы, и высвобождение древнего газа в короткий промежуток времени усиливает парниковый эффект. В общем, при изготовлении одной тонны цемента получается 0,6–0,8 тонны углекислого газа, а на тонну извести приходится 1–1,2 тонны CO_2 .

Пока что, когда сырье нагревают за счет сжигания ископаемого топлива, эмиссия от нагрева составляет от четверти до трети общей эмиссии изготовления извести и цемента. От этой эмиссии избавиться не так уж и трудно, по меньшей мере теоретически — надо просто заменить топливо на водород или электричество. Но что делать с оставшимися 75–66%?

Коль скоро эмиссия углекислого газа оказывается обязательным спутником технологического процесса, остается либо утилизировать углекислый газ, либо менять сырье на содержащее меньше углерода. Такое сырье есть. Самый большой выигрыш из имеющихся сегодня отлаженных технологических процессов дает использование доменных шлаков — потенциал декарбонизации при этом составляет 47%, да еще и со снижением расхода энергии (шлак-то уже получен металлургами). Однако, где брать эти шлаки, если сами домны должны пойти под снос в рамках декарбонизации?

В перспективе возможна частичная замена в цементе оксида кальция на оксид магния, а его получают разложением силиката магния, где никакого углерода нет. Такая замена позволяет снизить эмиссию на 60%, однако процесс еще не вышел за пределы лаборатории. Теоретически и известно, то есть чистый оксид кальция, можно синтезировать, не прибегая к разложению карбонатов, а извлекая кальций из другого сырья. Однако разработка и этой технологии находится в зачаточном состоянии. Скорее всего, успеха в декарбонизации извести удастся достичь за счет отказа от ее использования.

Почем дровишки?

Как видно, декарбонизировать можно практически все отрасли промышленности, выпускающие многотоннажную продукцию и, стало быть, дающие основную долю промышленной эмиссии углекислого газа. Однако это в теории. На практике, особенно в условиях рыночной экономики, нет никакого смысла так делать. Ведь многие предприятия в той же химической, нефтехимической, бумажной промышленности или металлургии по сути используют собственный источник энергии: либо тепло экзотермических реакций, либо горючие материалы, возникающие непосредственно во время технологического процесса. Отказ от этого источника, замена его на электричество или водород сразу же приводит к необходимости покупать энергию на стороне, то есть повышает расходы и снижает прибыль предприятия. Добровольно на это никто не хочет идти.

Переход на электрические нагреватели вместо печей, где сжигают ископаемые углеводороды, не только требует замены оборудования, но еще и ведет к росту прямых затрат. Ведь электроэнергия стоит дороже того же газа, сжиганием которого получают электричество, не говоря уже об альтернативной энергетике. Такая замена в конце концов ведет к двух-трехкратному росту затрат, связанных с энергией. Электролизный водород, как продукт передела электричества, обойдется еще дороже.

Однако, как это ни странно, растущие затраты на энергию не подстегивают цены на готовую продукцию. Расчеты предполагают, что в черной металлургии они вырастут на 15%, в нефтехимии — на 50–220%, аммиак подорожает на 13–42%, цемент — на 30%, бумага — на 8–15%.

Какими будут последствия этого роста? Последствие оказывается единственным: декарбонизированная промышленность становится неконкурентоспособной, если есть промышленность, которая не прошла декарбонизацию.

А что же потребитель товаров? Он ничего не почувствует, потому что на уровне общей потребительской инфляции этот рост почти не скажется. Розничные цены повысятся лишь на такие доли процента, которые

будет незаметны на фоне действия более значимых факторов вроде борьбы за сбалансированность бюджета и мер поддержки экономики. Как так может получиться?

Дело в том, что вся многотоннажная промышленность, подлежащая декарбонизации, не делает потребительских товаров, она поставляет сырье для их изготовления. И стоимость труда по превращению этого сырья в готовое изделие, то, что называют добавочной стоимостью, оказывается значительно больше стоимости сырья. В сущности, об этом постоянно твердят отечественные оппозиционно настроенные экономисты, упрекая правительство в поставках за рубеж сырья (нефти, газа, леса-кругляка, зерна) вместо организации их переработки на месте и экспорта товаров с высокой добавленной стоимостью.

Прямо по карману гражданина бьет совсем другая декарбонизация — та, что требует отказа от дешевых углеводородов в топливно-энергетическом секторе транспорта и ЖКХ. Переход на электричество и водород, энергоносители с высокой добавочной стоимостью по сравнению с изъятиями из недр Земли газом, углем и нефтью, как раз и обеспечит рост квартплат в декарбонизированном обществе.

Однако вернемся к декарбонизации промышленности. Какие же выгоды можно получить, избавившись от использования углерода, чтобы они перевесили негативный эффект роста цен в сырьевом секторе? Они таковы: чистый воздух за счет отказа от сжигания углеводородов, стабилизация парникового эффекта, оживление машиностроения и экономики в целом за счет создания новых отраслей промышленности. Для стран, лишенных собственных источников ископаемых углеводородов, есть и дополнительный бонус — энергетическая независимость и ущемление тех конкурентов, чья экономика строится на торговле ископаемыми углеводородами.

Ну а для того, чтобы этот бонус получить, и возникает идея углеродного налога, который делает декарбонизированную экономику конкурентоспособной по меньшей мере на внутреннем рынке. Либо вообще создание ситуации, когда использование углеводородов становится невозможным по техническим причинам. Насколько это сработает и получится ли в ближайшем будущем рекламная картинка чистой и привлекательной декарбонизированной экономики, мы вскоре увидим. Ведь по планам декарбонизаторов из ЕС в этом межгосударственном объединении на углеродную нейтральность должны перейти совсем скоро — к 2030-му, а полностью избавиться от использования углерода — к 2050 году.

Подготовлено по материалам обзора Gailani et al., Assessing the potential of decarbonization options for industrial sectors, Joule, 20 марта 2024 года.



История завтра

Ноутбук ThinkBook Transparent Display Laptop
с прозрачным экраном

Александр Речкин

Идеи превращаются...

Мы продолжаем серию публикаций, посвященных сопоставлению научно-технических идей, высказанных когда-либо в научной фантастике, и современных их реализаций. Причем от первых высказываний до воплощения в мире материальном проходило иногда относительно немного времени, а порой — век и более.

Пока не чтение мыслей, но...

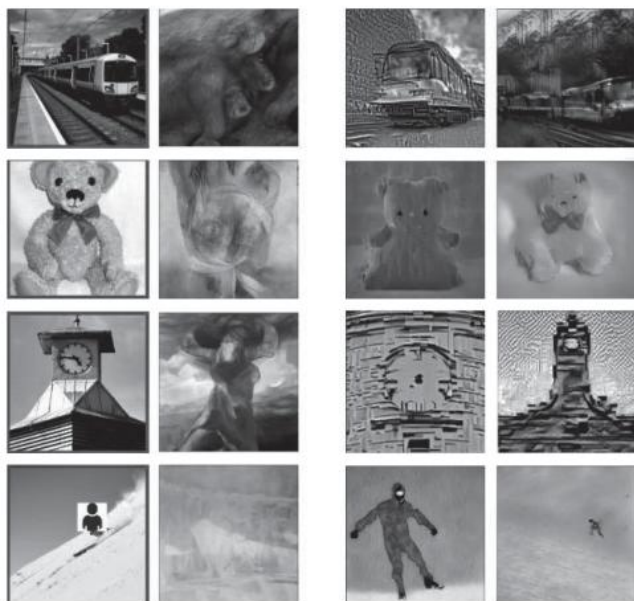
Исследователи из Японии в марте 2023 года объединили алгоритмы нейросети Stable Diffusion, преобразующей текст в изображения, и систему анализа мозговой активности людей, чтобы попытаться воссоздать реалистичные версии изображений, которые видел человек.

Для распознавания образов Stable Diffusion использовала данные сканирования мозга людей, про-

сматривающих различные изображения, с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ). В этот момент их височные доли анализировали информацию о содержании изображения (о людях, объектах или декорациях), а затылочные — о расположении, перспективе и масштабе.

Для обучения системы искусственного интеллекта (ИИ) ученые использовали набор картинок и паттерны мозговой активности, собранные при их просмотре. При простом обучении алгоритм действительно воссоздавал расположение объектов и перспективу просматриваемых фотографий, но вместо реальных объектов в центре композиции рисовал абстрактные фигуры. Однако после того, как исследователи добавили текстовые описания к использованным при обучении фотографиям, качество сгенерированных образов возросло.

Идея о том, что когда-то будет создана система, которая сможет воскрешать из глубин памяти виденные ранее изображения, была представлена в рассказе



▲ Каждая пара изображений составлена из оригинала (слева), который видел человек, и образа, полученного при использовании ИИ (справа)

1935 года «Под знаком «Если»» американского писателя Стэнли Вейнбаума. Автор описал устройство «психомат Хорстена». Этот психомат «оказался прекрасным средством активизации памяти. Перед вашими глазами, сменяя друг друга на экране, медленной чередой проходят самые невероятные сочетания неясных разноцветных теней; и, наблюдая за ними, поневоле начинаешь мысленно представлять себе картину действия и связанные с нею обстоятельства — именно то, что необходимо вспомнить. С помощью ручки искателя можно изменять сочетания теней и цветов. Но лишь только вы почувствовали, что случайно созданный образ соответствует нарисованной в вашем мозгу картине, — вперед! Теперь вашему мозгу остается лишь внести в полученное изображение некоторые детали. Для любого другого на экране по-прежнему одни пятна теней и красок, но для вас картина может получиться удивительно правдоподобной. Мне не раз приходилось наблюдать изображения, которые — готов поклясться чем угодно! — почти в точности, во всех деталях совпадали с реальным образом. Должен признаться, это производит сильное впечатление».

Будильник, который будит запахом

На российском рынке в 2024 году появился ароматный будильник SensorWake, сконструированный французским инженером Гийомом Ролланом, который поднимает с постели не резкими звуками, а приятными запахами. SensorWake имеет форму куба, внутрь которого помещается сменный картридж с ароматом кофе, шоколада или морского бриза. Одного картриджа хватает на 60 срабатываний будильника.

В нужное время будильник начинает распылять ароматические вещества, мозг реагирует на них — и человек просыпается.

Это устройство идеально подходит для поклонников творчества американского писателя Фрэнка Герберта, описавшего его действие в романе «Эксперимент Досади» (1977): «Будильник разбудил Джорджа Х. Маккая струей лимонного запаха».

Похожий будильник упоминал и Айзек Азимов в романе «Роботы Зари» (1983), правда, там человек просыпался не мягко и спокойно, а довольно резко:

«Бейли, подскочив, проснулся и подозрительно втянул ноздрями воздух. На мгновение ему почудился какой-то незнакомый, очень слабый запах. Но это ощущение почти сразу же бесследно исчезло. Он огляделся. Возле его кровати невозмутимо стоял Дэниел.

— Партнер Элайдж, — сказал он с обычной серьезностью, — Надеюсь, вы хорошо спали?

Бейли посмотрел на занавески. Они все еще были задернуты, но за ними, несомненно, сиял день. Чуть в стороне Жискар аккуратно раскладывал приготовленную для него одежду — от туфель до куртки все было новым и совсем иным, чем то, что он носил накануне.

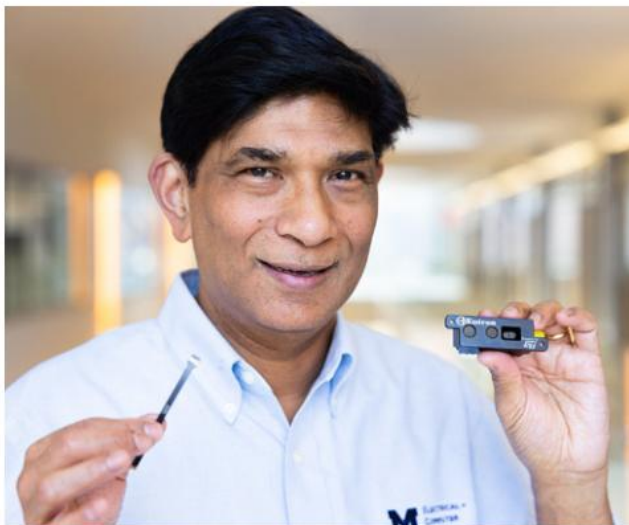
— Очень хорошо, — ответил Бейли на вопрос Дэниела. — Меня что-то разбудило?

— В циркулирующий по комнате воздух был введен антисонник, партнер Элайдж. У спящего человека он включает механизмы пробуждения. Мы на всякий случай использовали дозу меньше обычной, так как не знаем реакции на него вашего организма. Возможно, ее следовало бы еще уменьшить.

— Да, ощущение было, как удар веслом под зад».

▼ Ароматный будильник SensorWake





▲ Профессор Мохаммед Ислам держит в руках компоненты новой системы — 3D-камеру и датчик

Водитель под контролем

Исследователи из Мичиганского университета (США) в марте 2024 года разработали недорогую систему, которая сможет обнаружить нетрезвых, сонных или уставших водителей за рулем автомобиля.

Профессор инженерных и компьютерных наук Мохаммед Ислам и члены его команды предлагают в новых автомобилях дополнять камеры «Усовершенствованной системы помощи водителю» (Advanced Driver Assistant System, ADAS) инфракрасными камерами обнаружения и определения дальности света (LiDAR) и 3D-камерами со структурированным светом для отслеживания бдительности водителя, которые стоят всего 5–10 долларов.

Проведенные исследователями эксперименты подтверждают, что полученные с 3D-камер и обработанные с помощью искусственного интеллекта данные способны измерять показатели жизнедеятельности водителя (частота сердцебиения, увеличение притока крови к лицу, частота моргания и дыхания, положение головы и тела) и быстро выявлять признаки такого поведения, когда человек не в состоянии вести машину.

Новая система значительно дешевле и ее сложнее обмануть, чем автомобильные алкотестеры, стоимость которых подчас достигает 200 долларов.

Писатель фантаст Филип К. Дик значительно опередил сегодняшних инженеров, описав в романе 1963 года «Игроки с Титана», как машины внимательно следят за людьми:

«Ночь выдалась неудачной, и при попытке сесть за штурвал, чтобы добраться домой, он здорово поцапался с аэромобилем.

— Мистер Гарден, в таком состоянии управлять вам нельзя. Пожалуйста, включите автоматику и устраивайтесь на заднем сиденье.

Пит Гарден сел за штурвал и, насколько мог, четко произнес:

— Слушай, управлять я могу. Из-за лишнего глотка поднимать шум! Перестань валять дурака! — Он стукнул кулаком по кнопке стартера, но безрезультатно. — Заводись, черт бы тебя побрал!

Из автоматического устройства прозвучало: «Вы не вставили ключ».

— Ладно, — почувствовав себя униженным, сказал он. Может быть, аэромобиль прав. Неохотно вставил ключ. Двигатель завелся, но рычаги управления все равно бездействовали. Он знал, что под капотом двигателя вмонтирован рашмор — спорить было бесполезно. — Хорошо, я позволю тебе управлять, — заявил он с самым достойным видом, какой мог себе придать. — Если так жаждешь. Ты, я надеюсь, справишься, как всегда, когда я... неважно себя чувствую.

Пока аэромобиль, сверкая сигнальными огнями, взлетал с мостовой и поднимался в ночное небо, Пит вполз на заднее сиденье и улегся на него. Боже, как ему было плохо! Голова раскалывалась».

Ноутбуки с прозрачным экраном

На выставке электроники Mobile World Congress 2024 в Барселоне (Испания) компания Lenovo, один из крупнейших производителей персональных компьютеров в мире, представила прототип ноутбука с прозрачным безрамочным micro-LED дисплеем (17,3 дюйма) и сенсорной клавиатурой.

Степень прозрачности дисплея MicroLED не превышает 55%. Чтобы превратить поверхность дисплея в непрозрачную, ее нужно заполнить белым фоном, при этом максимальная яркость экрана достигает 1000 нит, больше обычной 200–400 нит.

В научной фантастике широко распространены прозрачные экраны, вспомнить хотя бы киноэпопею Джорджа Лукаса «Звездные войны». Но если говорить о первом появлении прозрачного дисплея, то стоит обратиться к фантастическому художественному фильму Уильяма Кэмерона Мензиса «Облик грядущего» (1936), созданному по сценарию Герберта Уэллса. Ближе к концу фильма в сцене, где старик лет ста десяти от рода рассказывает маленькой девочке о новом мире, зритель видит большой плоский прозрачный экран, на котором после его включения появляется изображение. После того как старик и ребенок завершают просмотр, экран снова становится прозрачным.

Неизвестно, будет ли ноутбук с прозрачным экраном запущен в производство и когда он появится на рынке. Устройство выглядит крайне футуристично, но у него есть проблемы с конфиденциальностью — любой может увидеть содержимое экрана через крышку (она же дисплей) ноутбука.



Робот с живыми мышцами

Движения самых современных роботов все еще неуклюжи, несмотря на активное развитие робототехники. В сравнении с роботами тела животных и человека подвижнее и гибче. Живые ткани способны к самым тонким движениям и гораздо лучше неживых преобразуют энергию в действия. Поэтому разработчики роботов постоянно ведут исследования на стыке биологии и механики.

В последнее время внимание инженеров привлекают биогибридные роботы, которые интегрируют механические компоненты с биологическими материалами. Мышечную ткань для них искусственно выращивают на гибких подложках в специализированных биореакторах. Такие ткани позволяют быстро совершенствовать конструкции. Биоро-

боты уже умеют ползать и плавать по прямой, также они научились совершать нерезкие повороты. Правда, они пока не могут избегать неожиданных препятствий.

Чтобы преодолеть этот недостаток, инженеры из Токийского университета во главе с Соджи Такеучи (Shoji Takeuchi) создали модель двуногого биогибридного робота из искусственных материалов и живых жгутов мышечной ткани. Способный к тонким и деликатным движениям робот имитирует человеческую походку, но пока может работать лишь в воде. Причина в том, что у него еще нет системы подачи питательных веществ к мышцам, но в водной среде мышечная ткань некоторое время остается живой. Верхняя часть конструкции выполнена из легкого пенопласта, а утяжеленные ноги помогают прямо стоять в воде.

Ноги робота сделаны из двух полосок силиконовой резины, которые могут сгибаться и разгибаться при-

крепленными к ним жгутами мышц. Если подать на мышцу электрический ток, то она сократится и поднимет вверх силиконовую ногу. При выключении тока пятка округлой ступни слегка наклоненного робота опустится чуть впереди него. Исследователи чередовали подачу тока на мышцы каждые 5 секунд и таким образом заставили робота перемещаться со скоростью 5,4 мм/мин. Для поворота ток регулярно подавали только на одну ногу. Робот мог совершать полный оборот за несколько минут.

Авторы исследования уверены, что маленькие шаги их простой конструкции стали гигантским скачком вперед для всех биогибридных роботов. В сравнении с ними японский робот выполняет очень точные повороты. Он потребляет мало энергии, бесшумен и мягок в движениях. Инженеры планируют усовершенствовать свою простую модель. Они надеются снабдить двуногого робота суставами и более толстыми

мышцами, чтобы он смог совершать сложные и мощные движения. Статья об исследовании опубликована в журнале *Matter*.

Роботы-насекомые, легкие и быстрые

Биологические ткани — не единственный материал, пригодный для создания эффективных приводов. Разработчики миниатюрных роботов обычно используют для этих целей электродвигатели. Однако для самых маленьких существует и надежная механическая альтернатива без движущихся частей и вращающихся компонентов. Это сплавы с памятью формы. Они меняют ее при нагревании током, а при остывании возвращаются к своему первоначальному виду. Принято считать, что они очень медленные.

Недавно на основе проволоки такого сплава группа инженеров из Университета штата Вашингтон во главе с профессором Нестором Перес-Арансибиа (Néstor O. Pérez-Arancibia) создала универсальный привод для микроботов. Методами микроэлектроники исследователи научились получать тонкие проводки сплава диаметром 25 микрон. Они и стали приводами, которые способны работать на частоте до 40 Гц и поднимать вес, в 155 раз превышающий их собственный.

На базе привода инженеры создали двух похожих на насекомых роботов: мини-жука и водомерку. Жук длиной 8,5 мм весит 8 миллиграмм, водомерка длиной 22 мм — 55 миллиграмм. Их приводы состоят из двух провололок диаметром в тысячную дюйма (25 мкм), что вдвое меньше толщины человеческого волоса. Небольшой переменный ток заставляет роботов махать плавниками и двигать ногами. Они способны перемещаться со скоростью в 6 мм/с. Это очень быстро для роботов, но пока медленнее живых насекомых. Например, муравей весит до 5 миллиграммов, а перемещается в сотню раз быстрее.

Жук стал самым легким ползающим микроботом из известных, водомерка — самым легким роботом из движущихся по воде за счет ее поверхностного натяжения. Она совершает маховые движения для перемещения и умеет поворачиваться. Живая водомерка использует более эффективные гребные движения, поэтому ее скорость гораздо выше. Исследователи надеются скопировать эти движения, а также планируют разработать на новых приводах робота, который сможет передвигаться и по поверхности воды, и под ней.

Инженеры намерены сделать новые конструкции автономными, поэтому работают над применением в качестве источников питания крошечных батареек и каталитического горения. Исследователи уверены, что их легкий привод открывает большие возможности, так как в сравнении с другими потребляет мало энергии.

Микроботы можно использовать для работ по искусственному опылению, для поисково-спасательных операций, мониторинга окружающей среды, роботизированной хирургии и др. Сообщение об исследовании опубликовано в издании *Proceedings of the IEEE Robotics and Automation Society's International Conference on Intelligent Robots and Systems*.

Классические компьютеры не уступают квантовым

Некотрые специалисты считают, что квантовый компьютер может превзойти классический в скорости расчетов и эффективности использовании памяти. А это открывает путь к решению многих сложных задач и предсказанию новых физических явлений.

Более того, появление квантовых вычислений будет означать смену вычислительных парадигм. Если обычные компьютеры обрабатывают информацию в виде цифровых битов 0 и 1, то квантовые компьютеры используют квантовые биты, которые

хранят много информации сразу в интервале значений между 0 и 1. Это и позволит разработать алгоритмы, которые сильно превзойдут классические аналоги.

Пока же квантовые компьютеры технически несовершенны и склонны к потере информации. И им все равно надо переводить ее в привычную классическую форму, необходимую для практических манипуляций с ней. Такими недостатками не страдают классические компьютеры, которые часто используют для повторения квантовых вычислений и их проверки. Некоторые классические алгоритмы при моделировании работы квантового компьютера могут имитировать даже потерю информации.

Группа ученых во главе с профессором физического факультета Нью-Йоркского университета Дрисом Селсом (Dries Sels) разработала методы классических вычислений, позволяющие имитировать квантовые вычисления с гораздо меньшими вычислительными ресурсами, чем прежде. Исследователи использовали инновационные методы, которые оказались более быстрыми и точными, чем, например, недавние вычисления на 127-кубитном квантовом процессоре фирмы IBM. Новый подход можно, к примеру, применять для моделирования динамики квантовых физических явлений.

Прорыв достигнут с помощью алгоритма, который сохраняет лишь часть информации, хранящейся в квантовом состоянии. Выбор различных представлений данных для классических расчетов напоминает выбор различных способов представления изображений. Ученые сравнивают работу своего алгоритма со сжатием изображения в компактный файл формата JPEG, что позволяет при удалении части информации получить изображение без заметной потери качества оригинала.

Исследование показало, что есть множество возможностей улучшить и классические, и квантовые вычисления. Оно подтверждает, насколько сложно достичь преимуществ с помощью подверженного ошибкам квантового компьютера. Так что классические компьютеры идут в ногу с квантовыми и пока превос-

ходят их. Статья об исследовании находится в открытом доступе издания *PRX Quantum*.

Искусственный интеллект имитирует сетчатку глаза

Одна из проблем протезов различных нервных тканей, в том числе искусственной сетчатки глаза, состоит в кодировании данных. Это оптимальное преобразование информации датчика в набор сигналов, которые могут быть правильно прочитаны нервной системой. Например, в глазных протезах понижают избыточный объем данных цифровой камеры так, чтобы он соответствовал пропускной способности соединений протеза со зрительными нервными волокнами. Эти данные обычно сжимают с помощью стандартных алгоритмов.

Швейцарские исследователи во главе с профессором нейроинженерии Федеральной политехнической школы Лозанны Диего Геззи (Diego Ghezzi) применили для кодировки данных машинное обучение. Сначала они изучили, как преобразуются сигналы от фоторецепторов к ганглиозным клеткам сетчатки в глазах мыши, помещенных в питательный раствор и некоторое время сохранявших свои функции. Затем ученые смоделировали эти процессы с помощью системы двух обучаемых нейросетей. И наконец, протестировали уменьшенные ИИ изображения на цифровом двойнике сетчатки в сравнении с реакциями сетчатки мышинных глаз.

В экспериментах ИИ позволял получать изображения, которые вызывали реакцию нейронов, более схожую с реакцией на оригинальное изображение, чем стандартные графические алгоритмы. Нейросети превзошли их и генерировали уменьшенные изображения, порождающие более надежный нейронный ответ. Особенно хорошо новый метод справился с поиском оптимальной контрастности изображений. Те, кто работает с программами их обработ-

ки, хорошо знают, что перемещение ползунка контраста к краям его диапазонов сильно усложняет восприятие изображения.

Диего Геззи говорит, что проверка на мышинной сетчатке однозначно доказывает успех нового подхода. Сейчас группа профессора исследует применимость модели к зрению человека. Ученые намерены адаптировать свой метод к другим сенсорным устройствам, например слуховым протезам и протезам конечностей. Статью о результатах исследования можно скачать на сайте журнала *Nature Communications*.

Чат-бот помогает писать научные обзоры

Смомента своего появления в ноябре 2022 года большая языковая машина ChatGPT от фирмы OpenAI непрерывно завоевывает новые сферы применения. Вопросом о том, как чат-бот может быть полезен для написания разных текстов, задаются не только студенты. Некоторые ученые применяют машину для создания научных статей для рецензируемых журналов. Правда, многие журналы не хотят, чтобы их авторы использовали ChatGPT, но ученых это не останавливает.

Разобраться в преимуществах и недостатках ChatGPT при создании научного обзора решила группа исследователей под началом профессора хирургии Медицинской школы Университета Индианы Мелиссы Касены (Melissa A. Kasena). В работе приняли участие преподаватели и студенты школы. Они взяли три разные темы для обзоров — переломы и нервная система, болезнь Альцгеймера и здоровье костной системы, COVID-19 и костная система. При этом группа использовала три разных подхода к подготовке начальных вариантов статей — только люди, только чат-бот, совместно.

При написании обзорной статьи ее авторы искали литературу по теме, составляли план, представляли первоначальный вариант, редактировали его. Черновики просматривали

и поправляли научные руководители. Начальные варианты статей подвергались тщательной проверке фактов и доработке, поэтому окончательные рукописи значительно отличались от первоначальных.

На протяжении всего процесса ученые количественно оценивали преимущества и недостатки подходов. Медики также собрали данные о том, сколько времени уходит на работу у людей, у чат-бота и у руководителей на редактирование.

Оказалось, что в текстах ChatGPT до 70% ссылок были неверны. При совместном творчестве чат-бота и людей обнаружено много плагиата, особенно если на старте чат-бот выдавал много ссылок. В целом бот сокращал время работы, но постоянно требовал тщательной проверки фактов. Отдельная проблема была связана со стилем его изложения. Многие слова и фразы не соответствовали принятым в академических кругах. Фразы часто повторялись и даже напоминали ученические. У читателя это нередко вызывало сомнения в истинности информации.

Ученые отмечают, что многие исследователи, особенно плохо владеющие английским языком, регулярно используют ChatGPT при написании научных статей. Ученые могут пользоваться переводом с родного языка, могут самостоятельно писать статьи, а потом исправлять в них грамматику. Авторы работы считают это нормальным. Они уверены, что таким ученым надо помочь применять чат-бот так, чтобы это не наносило вреда их репутации и не приводило к распространению ложной информации. Мелисса Касена даже занялась разработкой руководства по этой теме для научного сообщества.

Общий вывод исследования состоит в том, что при написании обзоров ChatGPT можно использовать лишь для помощи автору и только при тщательном контроле. Статья под названием «Использование искусственного интеллекта в написании научных обзоров» опубликована в специальном выпуске издания *Current Osteoporosis Reports*.

Выпуск подготовил
И. Иванов



А. Гурьянов

Иллюстрация Сергея Тюнина

Охота на Девятую планету

Сегодня, когда после исключения Плутона в Солнечной системе осталось всего восемь планет, астрономы опять активно ищут неизвестную планету. По их расчетам, тело в пять-десять земных масс должно находиться на самой дальней орбите нашей звезды. Недавно оказалось, что эти предположения напрямую связаны с природой ньютоновской гравитации и существованием темной материи. Область поисков неуклонно сужается.

В последние века астрономы регулярно выдвигали гипотезы о существовании неизвестных планет и искали их на небе. Эти предположения следовали из разных теорий строения и образования Солнечной системы, а также загадок в наблюдательных данных.

Более столетия назад звездочеты и широкая публика рассуждали о том, что существует двойник Земли, который может прятаться точно позади Солнца. Он должен был бы двигаться по орбите Земли со смещением на 180° , так как эта область земной орбиты недоступна прямым наблюдениям. Полеты космических кораблей к Солнцу показали, что это не так. Стоит заметить, что у других звезд астрономы нашего века уже обнаруживали несколько экзопланет на одной орбите.

Отсутствие крупных планет между орбитами Марса и Юпитера наводило на мысль, что здесь может прятаться неизвестная планета. Дело в том, что большой интервал между ними не вписывался в эмпирическое правило Тициуса для расстояний между орбитами планет. Впоследствии здесь нашли пояс астероидов, а ученые предположили, что ему дал начало Фазтон, пятая планета земного типа, которая развалилась на куски. Однако подсчет суммарной массы астероидов доказал, что она очень мала для такой планеты. Компьютерные расчеты прошлого века также показывали,

что, возможно, Планета V обитает между Марсом и поясом астероидов. Но ее там не оказалось.

Астрономы также думали, что внутри орбиты Меркурия может находиться планета Вулкан, которая искажает его орбиту. Вулкан находили много раз и много раз теряли. Некоторые ученые считали, что остатками от его столкновения с другой планетой были вулканоиды. Эти астероиды замечали близко к Солнцу перед орбитой Меркурия. Солнечные миссии НАСА их не нашли. И тогда, семь лет назад, астрономы высказали предположение, что орбиту от них своей гравитацией расчистила планета, крупнее Земли, перед своим падением на светило.

Ныне многие астрофизики считают, что 4,5 миллиарда лет назад с Землей столкнулась планета Тейя размером с Марс. В результате удара образовалась Луна. Тейя должна была родиться во внешних частях Солнечной системы или прилететь от другой звезды. В расчетных моделях образования Солнечной системы астрофизики постоянно вводят большие и маленькие гипотетические планеты, улетевшие от нее или захваченные ею. Не говоря уже о гипотетических звездах, когда-то пролетавших рядом с нашей системой и вызвавших искажения орбит ее планет.

Большинство планетных гипотез оказались ложными, но были и успехи, правда, относительно редкие. Так, в 1846 году на кончике пера астрономы по искажениям орбиты Урана открыли Нептун. Затем появилось множество предположений о том, что за орбитой этой самой дальней планеты Солнечной системы существует еще одна планета, которая влияет на систематические особенности орбит Урана и Нептуна, тогда бывших последними, седьмой и восьмой планетами семьи Солнца.

В начале прошлого века американский астроном Персиваль Лоуэлл рассчитал орбиту и местоположение неизвестной девятой Планеты X, а в 1906 году стал ее активно искать. Систематические поиски продолжил Весто Слайфер, под руководством которого его внимательный стажер Клайд Томбо в 1930 году обнаружил Плутон при сравнении снимков телескопа. Так была найдена планета, до начала нынешнего века считавшаяся девятой планетой нашей Солнечной системы.

Вскоре стало ясно, что лишь счастливый случай позволил найти маленький Плутон. Его слабая гравитация не могла заметно и систематически влиять на движение массивных ледяных гигантов Урана и Нептуна. В 1989 году эту тему закрыли — пролет аппарата «Вояджер-2» мимо Нептуна позволил понять, что разница между теоретически предсказанной и наблюдаемой орбитой Урана была вызвана неточностью в определении массы Нептуна.

Убийство Плутона

В нашем веке за орбитой Плутона обнаружили другие космические тела, сравнимые с ним по размеру. В 2005 году группа американского астронома Майкла Брауна объявила об открытии объекта 2003 UB313. Его назвали Эрида в честь греческой богини распри и раздора. Объект оказался немного больше Плутона. После этого в пресс-релизе Лаборатории реактивного движения NASA Эриду назвали Десятой планетой. Впоследствии выяснилось, что по размеру она меньше Плутона, но тяжелее его.

Встал вопрос об исключении Плутона из списка планет. Заккрытие Плутона произошло в результате голосования на конгрессе Международного астрономического союза, он отнес его к карликовым планетам. Вскоре «убийца Плутона» Майкл Браун выпустил книгу. И в ней рассказал о причинах неизбежной, как он выразился, смерти Плутона. Книга стала прологом новой саги, продолжению которой посвящена эта статья.

Эриду никогда официально не классифицировали как планету. Согласно определению планеты, принятому в 2006 году Международным астрономическим союзом, и Эрида, и Плутон считаются не планетами, а карликовыми планетами, поскольку они не имеют достаточной гравитации, чтобы очистить свое окружение от более мелких тел. Сегодня ясно, что Эрида и Плутон принадлежат к обращающейся вокруг Солнца группе из десятков тел, сравнимых друг с другом размеров.

Плутон долгое время считали второй по величине (после Эриды) карликовой планетой. Однако, по данным космического аппарата «Новые горизонты», пролетевшего мимо него в июле 2015 года, он на самом деле чуть больше Эриды. Плутон — самый крупный из известных на сегодня объектов, расположенных от Солнца дальше, чем Нептун. Некоторые астрономы, из которых наиболее известен руководитель миссии «Новые горизонты» Алан Стерн, говорят, что официально принятое определение планеты некорректно, а Плутона, Эриду и другие крупные объекты, обитающие на задворках нашей Солнечной системы, например — Макемаке, Седну, Квавар и Варуну, следует считать полноценными планетами.

В 2004 году астрофизики на основе наблюдений за движением Седны рассчитали все характеристики ее 559-летней орбиты и выяснили, что ее минимальное расстояние от Солнца в 76 а.е. (перигелий) слишком велико, чтобы на него влияло гравитационное взаимодействие с Нептуном. Тогда что могло повлиять на образование космического тела с такой вытянутой дальней орбитой? Пролет звезды мимо Солнечной системы? Большая планета в ней, о которой мы не знаем? Астрофизики пока не понимают, как ответить на эти вопросы.

Сразу появилось стандартное предположение, что Седна когда-то столкнулась с массивным телом. Естественно оно должно было двигаться далеко за Нептуном. Выйти на экзотическую орбиту Седну могло

заставить даже не столкновение, а просто гравитационное влияние массивной планеты на далекой орбите, которая пролетела вблизи границ Солнечной системы.

Девятая Планета

В 2014 году наблюдатели открыли еще один объект 2012 VP на орбите с перигелием в 80 а.е., схожей с орбитой Седны. Это подогрело дискуссии о неизвестной планете, отвечающей за экстремальные орбиты транснептуновых объектов, а также вытянутые орбиты кентавров, малых тел, которые пересекают орбиты планет-гигантов.

По расчетам планета с массой Нептуна находится в полутора тысячах а.е. от Солнца на наклонной и сильно вытянутой эллиптической орбите. Девятая планета должна влиять на орбиты объектов с перигелиями более 300 а.е. и вызывать их колебания. Поэтому некоторые из этих космических тел попадут на пересекающиеся друг с другом орбиты, а другие, как Седна, — на экзотические обособленные орбиты.

Самой известной широкой публике гипотезой о Девятой планете стала гипотеза Константина Батыгина и Майкла Брауна из Калифорнийского технологического института. История началась в 2016 году, когда они предположили, что формы схожих необычных орбит шести далеких объектов можно объяснить влиянием неизвестной планеты, и рассчитали ее орбиту. Десятки работ Батыгина и Брауна рассматривали возможные варианты происхождения Девятой планеты. Правда, многие астрофизики считают это измышлением гипотез, имеющих под собой шаткие основания.

Вычисления Батыгина и Брауна показывали, что Девятая планета движется по сильно вытянутой эллиптической орбите вокруг Солнца. Она находится в 13–26 раз дальше от Солнца, чем Нептун. Полный оборот по орбите совершает за 10–20 тысяч лет, наклон ее орбиты к плоскости земной орбиты составляет 15–25°. Масса планеты больше массы Земли в 5–10 раз, а радиус — в 2–4 раза. Гравитации такой планеты достаточно, чтобы очистить орбиту от крупных тел за время существования Солнечной системы.

Майкл Браун считает, что если планета существует, то космический зонд сможет добраться до нее всего за пару десятков лет. Это дает ему надежду при жизни увидеть результаты своих расчетов. К сожалению, методы расчетов с усреднением позволяют вычислить орбитальные параметры Девятой планеты, но не позволяют указать, в каком месте орбиты она сейчас находится. В 2016 году Браун оценивал вероятность существования планеты в 90%.

Скептически настроенные противники профессора сетуют на недостаток числа учтенных орбит малых тел для точного анализа орбиты Девятой планеты. Некоторые ее орбитальные особенности могут быть просто результатом погрешности наблюдений. Но главный аргумент противников — это отсутствие даже намеков на наблюдение планеты, не говоря уже о ее фотографиях.

Браун, хотя и признает правоту скептиков, все же уверен, что данных достаточно, чтобы вести поиск. Гипотезу о новой планете поддерживают и несколько известных астрофизиков. Так, профессор Массачусетского технологического института Том Левенсон заявил, что пока Девятая планета кажется единственным удовлетворительным объяснением всего, что известно о внешних областях Солнечной системы.

Браун против Брауна

Осенью прошлого года идея существования Планеты 9 вновь подверглась сомнению. Пара астрофизиков-теоретиков, профессора Харш Матур и Кэтрин Браун опубликовали работу, в которой изучали влияние поля тяготения нашей Галактики на объекты внешней части Солнечной системы. При этом ученые воспользовались альтернативной теорией гравитации, известной как Модифицированная Ньютоновская Динамика (МОНД). Ее уравнение слегка исправляет формулу Ньютона при очень малых ускорениях, характерных для громадных расстояний космических тел от центров их обращения. Теория хорошо работает на галактических масштабах, поэтому некоторые астрофизики рассматривают ее как замену предположения о существовании гипотетической темной материи, которая обладает гравитационным влиянием, но не видна, поскольку не излучает свет.

Авторы нового исследования хотели посмотреть, противоречат ли данные Девятой планеты выводам МОНД. Матур и Браун изучили влияние альтернативного закона гравитации на аномалии орбит тел пояса Койпера. Эти особенности Батыгин и Браун объясняют наличием новой планеты. К своему удивлению теоретики обнаружили, что МОНД предсказывает именно ту пространственную группировку орбит, что и наблюдают астрономы.

Авторы исследования построили орбиты объектов, определяющих орбиту Девятой планеты, и сравнили их геометрию с направлением гравитационного поля Млечного Пути. В результате стала очевидной группировка больших полуосей орбит вокруг направления гравитационного поля Галактики. Ученые пришли к выводу, что за миллионы лет орбиты некоторых тел внешней части Солнечной системы могли быть ориентированы вдоль направления на центр Галактики. Матур и Браун все же предупреждают, что текущий набор данных об орбитах далеких тел еще невелик, поэтому стопроцентно подтвердить выводы исследования пока нельзя.

Однако это не мешает НАСА проводить затратные широкомасштабные кампании по ловле гипотетической планеты с помощью различных телескопов. В результате к началу этого года стало ясно, что охота на Девятую планету подходит к завершению. В самом конце января Майк Браун с коллегами опубликовал очередное исследование, в котором обсуждает поиски далеко за пределами орбиты Плутона. Ученые систематически исследуют все области неба, где она могла бы находиться.

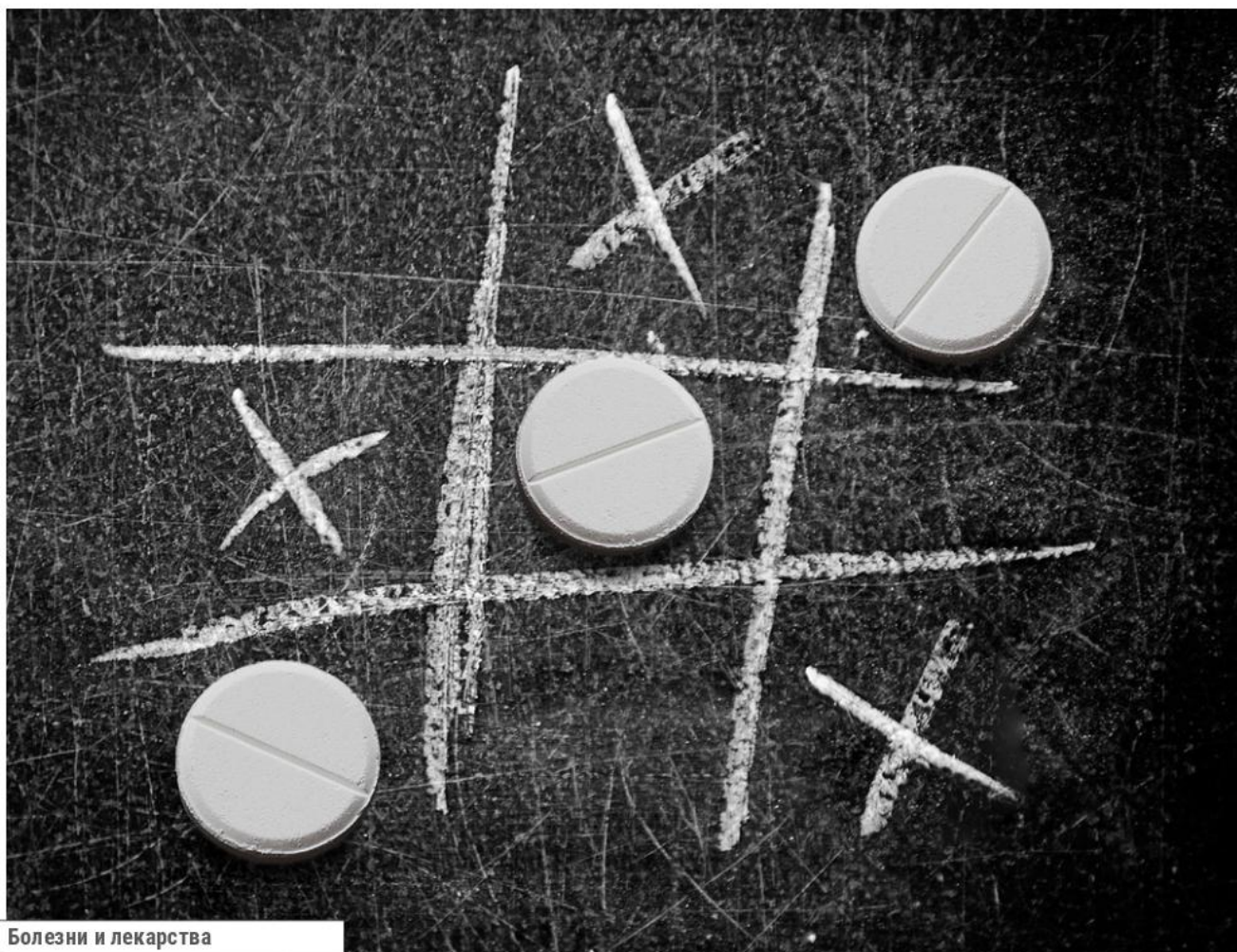
Наблюдателям удалось сильно сузить круг возможных местоположений планеты. Чтобы охватить самый большой регион неба, астрономы используют данные телескопа Pan-STARRS, проводящего панорамные обзоры неба. Он расположен в обсерватории Халеакала Института астрономии Гавайского университета. Данные последних наблюдений вместе со всеми предыдущими исследованиями уже исключили возможность существования планеты в 78% рассчитанных местоположений.

Но Батыгин и Браун не сдаются. В начале года они дали уточненные оценки главной полуоси орбиты планеты (500 а.е) и ее массы (6,6 земных). Ученые планируют провести поиск на телескопе LSST. Эту 10-летнюю программу по изучению южного неба будет выполнять строящаяся в Чили обсерватория имени Веры Рубин. Задачи LSST включают в себя изучение астероидов вблизи Земли, малых планетных тел Солнечной системы, исследование дальнего космоса, в том числе эволюции Галактики, а также свойств темной материи и темной энергии.

В одном из своих интервью Браун с сожалением сообщает: «Я бы с удовольствием сказал, что самым значительным результатом было обнаружение Девятой планеты, но мы этого пока не сделали. Я думаю, что телескоп LSST скорее всего найдет планету. Когда через год-два он заработает, то быстро покроет большую часть поискового пространства и найдет планету, если она там есть. Это была бы пятая по величине планета нашей Солнечной системы и единственная планета с массой между Землей и Ураном. Такие планеты часто встречаются у других звезд, и у нас появился бы шанс изучить одну из них в нашей Солнечной системе, которую очень трудно понять без Планеты 9. Она объясняет не только направления орбит, но и большие перигелии многих объектов, существование сильно наклоненных и даже ретроградных орбит, а также большое количество очень эксцентричных орбит, пересекающихся с орбитой Нептуна».

Как бы там ни было, охота на гипотетическую планету близится к концу. Вопрос о ее существовании вскоре будет решен. По-видимому, не в пользу авторов гипотезы, все последние годы получающих отличную прессу. Теоретикам придется поискать другой процесс, ответственный за траектории тел Солнечной системы. Он должен быть напрямую связан со свойствами Галактики и действовать при рождении разных звездно-планетных систем в ней.

Сегодняшнее состояние астрофизики далеко от ясного понимания этих процессов хотя бы потому, что она не может описать даже общие закономерности строения планетных систем других звезд, не говоря о том, чтобы предсказать их строение. Новая теория также должна будет детально объяснить состав и процессы эволюции нашей звездной системы. Тем не менее тщательный поиск Девятой планеты полезен тем, что позволяет обнаруживать и объяснять неожиданные закономерности в строении Солнечной системы.



Болезни и лекарства

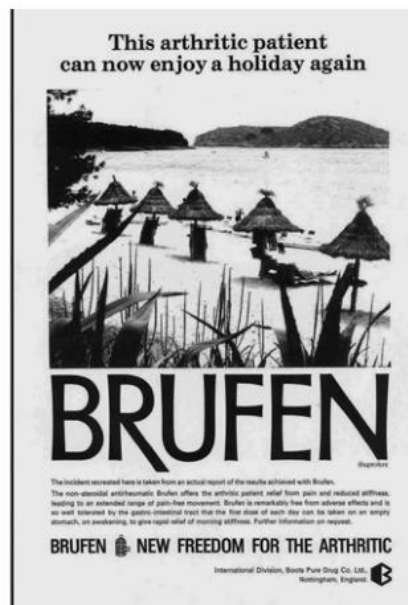
Иллюстрация Александра Кука

Екатерина Литус, Андрей Мачулин, Евгения Дерюшева

Ибупрофен: не только обезболивание

Ибупрофен занимает почетное место среди самых распространенных и доступных без рецепта анальгетиков и жаропонижающих препаратов. Он признан наиболее безопасным среди нестероидных противовоспалительных средств. В этой статье мы расскажем об истории создания ибупрофена, его

полезных свойствах и побочных эффектах. А еще — о новых возможных применениях ибупрофена, не описанных в инструкции к препарату. В последние десятилетия появились данные, которые говорят о том, что он может быть полезен при онкологических и нейродегенеративных заболеваниях.



Идеальное средство от похмелья

Путь к изобретению ибупрофена начался в Великобритании, в одной из лабораторий компании Boots Pure Drug Company (сегодня просто Boots). Стюарт Адамс и Джон Николсон, занятые поиском более безопасной альтернативы аспирину, синтезировали 2-(4-изобутилфенил)-пропионовую кислоту, или «ибупрофен» (ИзоБУтил — ПРОпионовая кислота — ФЕ-Нил). Патент на ибупрофен компания получила в 1962 году, а в 1969 году выпустила в продажу препарат под коммерческим названием «Бруфен», первоначально предназначенный для лечения ревматоидного артрита под наблюдением врача. В США ибупрофен появился под названием «Мотрин» в 1974 году. Сегодня его выпускают под десятками наименований.

В те времена исследователи тестировали разработанные соединения не только на лабораторных животных, но и на себе. Так поступил и Стюарт Адамс. Однажды он должен был выступать с речью, но накануне был на вечеринке, утром его мучило похмелье и ужасная головная боль. Он решил принять 600 мг созданного им и его коллегами вещества. Очень скоро похмелье прошло, а головная боль утихла. Новое средство оказалось невероятно действенным.

Важным моментом в истории ибупрофена стал 1983 год, когда в Великобритании его начали продавать без рецепта под названием «Нурофен». В 1985 году компания Boots была удостоена Королевской награды за научные и технические достижения в разработке препарата. Национальный зал славы изобретателей — американская организация, которая чествует людей, внесших важный вклад в технологический прогресс, — включил в свои списки Адамса и Николсона.

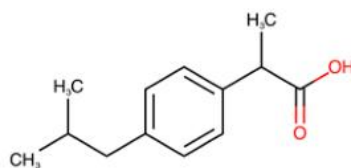
Эффективность и хорошая переносимость ибупрофена быстро сделали его популярным. Сегодня его используют более чем в 120 странах мира как безре-

▲ Слева — создатели препарата Стюарт Адамс (1923–2019) и Джон Николсон (1925–1983).

Справа — реклама препарата Brufen (1969): «Пациент с артритом снова может наслаждаться отпуском»

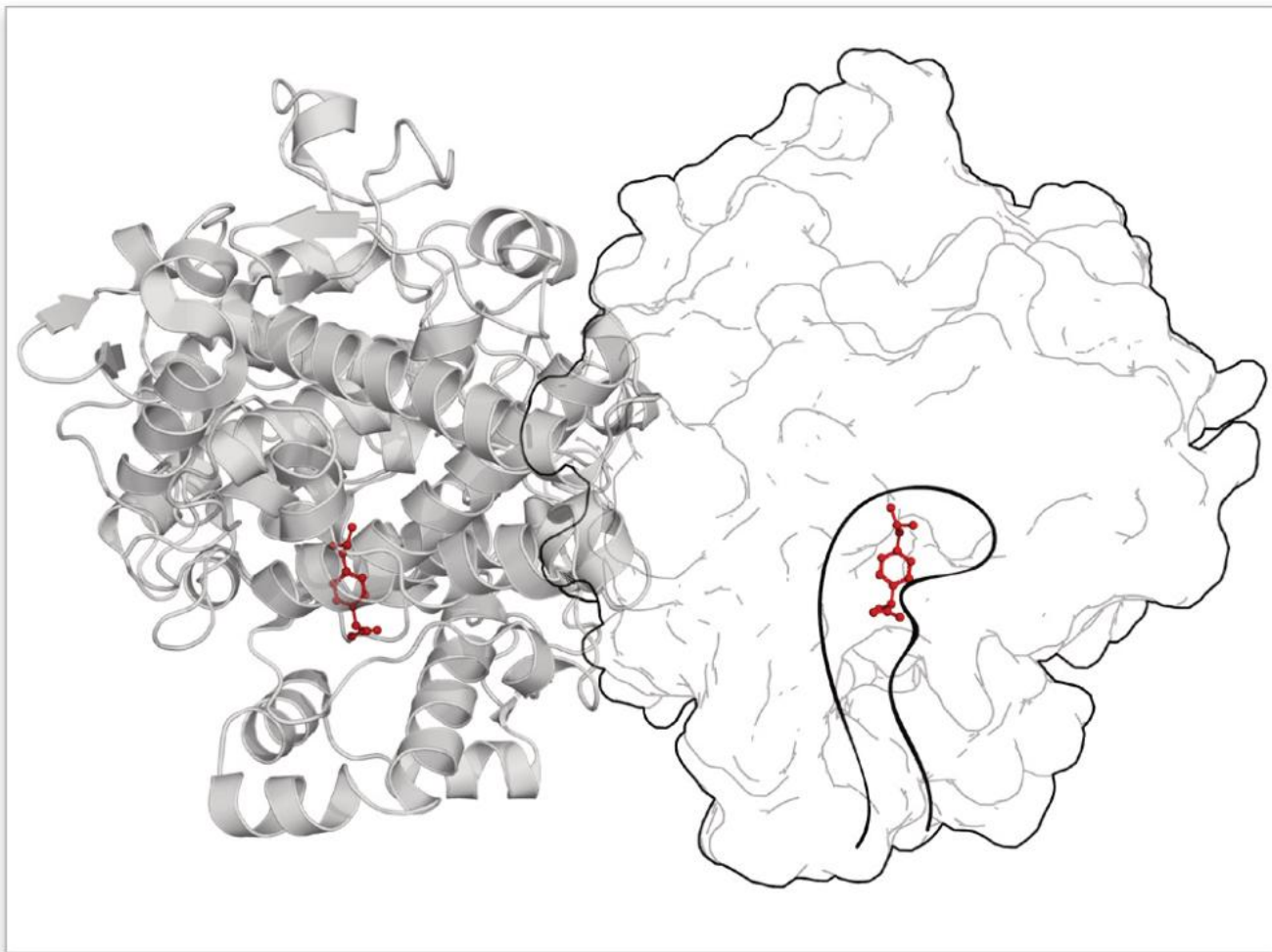
цептурное средство для облегчения боли и снижения температуры. Суспензию «Нурофен для детей» дают младенцам с шести месяцев. Годовое производство ибупрофена составляет около 20 000 тонн.

Как работает ибупрофен?



Ибупрофен принадлежит к классу нестероидных противовоспалительных средств (НПВС). Термин «нестероидные» подчеркивает их основное отличие от глюкокортикоидов, которые представляют собой производные наших собственных стероидных гормонов. С одной стороны, это делает их эффективными; с другой — они, как и сами стероидные гормоны, влияют на множество метаболических путей нашего организма, и список их побочных эффектов весьма обширен.

Ибупрофен подавляет синтез веществ, называемых простагландинами, которые играют важную роль в возникновении болевых ощущений, в воспалительных процессах и регуляции температуры тела. Сами по себе простагландины не являются медиаторами боли, но повышают чувствительность болевых рецепторов к их медиаторам — гистамину и брадикинину.



▲ Димерная (из двух молекул белка) форма циклооксигеназы-1 в комплексе с ибупрофеном. Один из мономеров представлен в виде контура поверхности с выделенным участком связывания и каналом доступа к нему, другой — в виде белковых спиралей.
Рисунок авторов

В биосинтезе простагландинов участвуют ферменты циклооксигеназа-1 (ЦОГ-1) и циклооксигеназа-2 (ЦОГ-2). ЦОГ-1 постоянно присутствует в тканях и поддерживает базовый уровень простагландинов. ЦОГ-2 синтезируется в ответ на различные сигналы, такие как цитокины и факторы роста. Ибупрофен снижает активность циклооксигеназ, тем самым уменьшая синтез простагландинов, а также воспаление, боль и температуру.

В число простагландинов, подверженных действию ибупрофена, входит тромбоксан — регулятор кровообращения и остановки кровотечения. Его главная функция — стимулировать слипание тромбоцитов и сокращение сосудов, из-за чего могут образовываться тромбы. Однако антикоагулянтное действие ибупрофена не столь сильно, как противовоспалительное и анальгетическое.

Противовоспалительные свойства ибупрофена слабее, чем у некоторых других НПВС (индометацина,

мефенамовой кислоты), тем не менее оно достаточно выражено, а механизм его действия и фармакологические характеристики хорошо изучены. Ибупрофен включен в список основных лекарственных средств Всемирной организации здравоохранения и в российский перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов. Жизнь без боли — основная потребность человека, с этим не поспоришь.

Клиническая фармакология ибупрофена

Ибупрофен выпускают в виде таблеток с дозировкой от 200 до 400 мг, а также в виде сиропа и свечей для детей. Чаще всего его назначают в дозе 200–400 мг три раза в день. Он хорошо всасывается в желудочно-кишечном тракте, максимальные концентрации ибупрофена в крови обычно достигаются через 1–2 часа после приема, а за 24 часа он полностью выводится из организма.

В каких случаях назначают ибупрофен? Для облегчения боли, включая зубную, при ревматоидном артрите и остеоартрите. Есть и особые случаи, когда ибупрофен помогает. Например, при генетическом заболевании муковисцидозе, когда у пациентов в дыхательных путях образуется густая слизь, легко возникают воспаления и инфекции, ибупрофен не только

подавляет воспаление, но и уменьшает секрецию слизи, а кроме того, уничтожает патогенные бактерии. Ибупрофен также назначают младенцам с открытым артериальным протоком. Этот короткий сосуд между аортой и легочной артерией необходим для нормального кровообращения плода и в норме должен закрыться после рождения. Но иногда он остается открытым у новорожденных. Возникают аномалии кровообращения, нарушения сердечной функции. При чем же здесь ибупрофен? Дело в том, что закрытию артериального протока препятствуют простагландины. Если назначить ибупрофен или другие ингибиторы ЦОГ недоношенному ребенку, то проток закрывается без хирургического вмешательства.

Еще один особый случай — ортостатическая гипотензия, когда при быстром изменении положения тела нарушается регуляция артериального давления, человек чувствует головокружение, слабость, может даже потерять сознание. Ибупрофен помогает увеличить объем циркулирующей крови и поддерживать более стабильное давление, поскольку задерживает натрий в организме.

Плюсы и минусы ибупрофена

Ибупрофен имеет множество преимуществ по сравнению с другими нестероидными противовоспалительными средствами. Если сравнивать его, например, с парацетамолом, то обнаружится огромный плюс: ибупрофен не образует токсических метаболитов в организме. Ибупрофеном гораздо сложнее отравиться, чем парацетамолом. Он считается безопасным для детей, поэтому его все чаще используют для лечения младенцев.

Низкая токсичность — не единственный плюс ибупрофена. В отличие от парацетамола, он обладает противовоспалительными свойствами, именно поэтому его назначают при воспалении суставов или мягких тканей при травмах.

В большинстве случаев ибупрофен не дает побочных эффектов, если пациенты точно соблюдают назначение и не превышают дозировку. Тем не менее и в обычных дозах ибупрофен может воздействовать на систему свертывания крови и даже влиять на продолжительность беременности и родов.

Еще один возможный побочный эффект — эрозивно-язвенные изменения в желудочно-кишечном тракте. И это ожидаемо, поскольку ибупрофен снижает выработку эндогенных простагландинов, которые участвуют в естественной системе защиты ЖКТ. В медицинской литературе описан случай 38-летней домохозяйки из Китая, которая приняла 48 капсул ибупрофена — это более 14 граммов активного вещества (максимальная суточная доза 1200 мг). У женщины открылась язва желудка, которую, впрочем, удалось вылечить.

В 2016 году в «British Medical Journal» были опубликованы результаты большого исследования взрослых

пациентов, принимавших НПВС, в котором оценивалось их влияние на риск госпитализации с сердечной недостаточностью. В течение двух недель после приема НПВС риск был на 19% выше, чем через полгода и более. Эта закономерность наблюдалась и в рассмотренной отдельно группе ибупрофена.

Специалисты утверждают, что о рисках для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, связанных с НПВС, известно давно. Однако прием этих препаратов от случая к случаю вряд ли приведет к серьезным последствиям. Тем не менее золотое правило для любого препарата — использовать минимальную эффективную концентрацию в течение как можно более короткого времени.

Важно помнить, что побочные эффекты ибупрофена могут усиливаться, когда его принимают в сочетании с другими лекарствами. Например, одновременный прием ибупрофена и аспирина увеличивает риск язвы желудка. Ибупрофен может усилить действие препаратов, снижающих свертываемость крови, или блокировать работу некоторых препаратов для снижения давления.

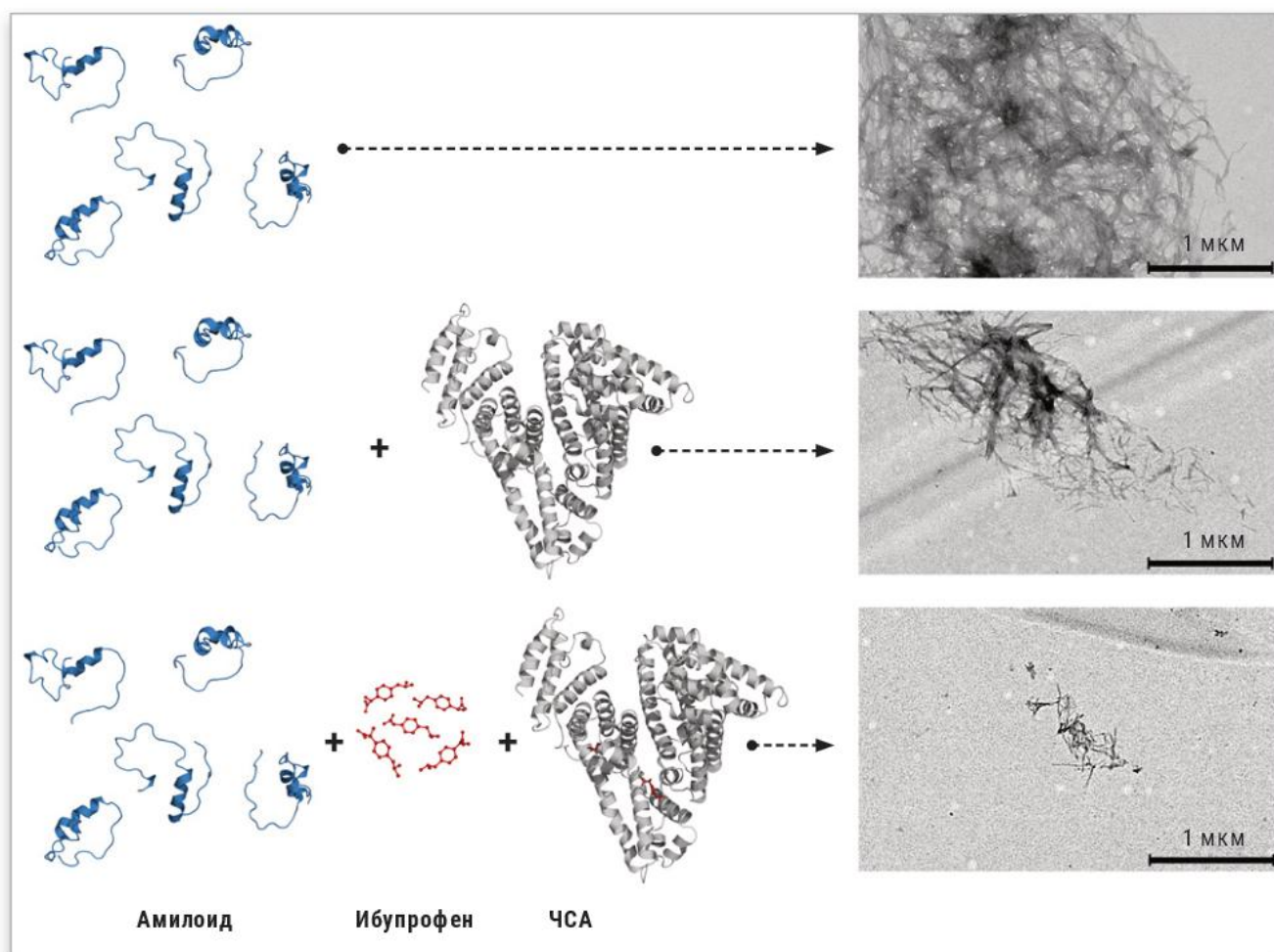
И еще примечательный факт: НПВС снижают уровень серотонина, а следовательно, могут ослаблять действие антидепрессантов, повышающих уровень этого нейромедиатора (флуоксетин, циталопрам, сертралин).

Ибупрофен можно принимать и натощак, и с пищей. Только обратите внимание, что жирная пища замедляет усвоение препарата. Есть данные, что кофеин усиливает анальгетический эффект ибупрофена, однако эта реакция у разных людей проявляется по-разному. Не стоит сочетать ибупрофен с растительными препаратами и пряностями, разжижающими кровь, такими как гинкго, чеснок, имбирь, черника, женьшень, куркума, ромашка, пажитник.

Ибупрофен против рака и не только

Всем известно, что каждое лекарство проходит клинические исследования, прежде чем поступить в продажу. Но мало кто знает, что препарат не пропадает из поля зрения исследователей и после того, как он появляется в аптеках. Ученые бережно собирают данные о применении препарата у разных групп пациентов, в том числе о его действии при хронических заболеваниях, для которых данное лекарство не является «целевым». Многолетняя история ибупрофена позволила накопить немало подобной информации.

Воспалительные процессы играют важную роль в патогенезе множества заболеваний, включая онкологические и нейродегенеративные. И очевидно, что здесь есть работа для противовоспалительных препаратов, к числу которых относится ибупрофен. Он может быть полезен не только при онкологических, эндокринных, нейродегенеративных заболеваниях, но также при старении и повышенной физической нагрузке.



▲ Человеческий сывороточный альбумин и ибупрофен подавляют формирование патогенных фибрилл бета-амилоидного пептида. Вверху электронная микрофотография амилоидных фибрилл, в центре — фибриллы в присутствии раствора альбумина, внизу — практически исчезнувшие фибриллы в присутствии альбумина и ибупрофена. Рисунок авторов с использованием микрофотографий из статьи (IJMS. 2022. 23, 6168)

Исследователи показали, что прием ибупрофена или аспирина снижает риск развития рака толстой кишки, молочной железы, легких и предстательной железы. По некоторым данным, ибупрофен оказывает более сильное противораковое действие, чем аспирин, особенно против рака молочной железы и легких. Есть клиническое исследование связи рака легких и приема НПВС, в котором участвовало более пяти тысяч человек. Согласно его результатам регулярный прием ибупрофена снижает риск смерти от рака легких среди курильщиков на 48%.

Конечно, исследователи не ограничились наблюдениями за пациентами и углубились в исследование молекулярных механизмов, которые обеспечивают противоопухолевые эффекты. Обнаружилось, например, что ибупрофен может влиять на степень метилирования и ацетилирования гистонов — белков, которые

участвуют в упаковке ДНК и регулируют считывание генетической информации. Или что ибупрофен усиливает действие белка TRAIL, запускающего гибель раковых клеток. Получены результаты — правда, пока лишь *in vitro*, «в пробирке», — которые указывают на способность ибупрофена усиливать противоопухолевый иммунный ответ.

Факт, который не оставит равнодушным химика: противораковое действие ибупрофена может быть связано с его зеркальной изомерией. В отличие от многих других лекарств, ибупрофен представляет собой смесь R- и S-энантиомеров. Противовоспалительным действием обладает лишь S-ибупрофен, однако в клетках человека R-форма превращается в S-форму. В раковых клетках простаты исследователи обнаружили повышенное содержание некоторых типов фермента рацемазы AMACR, которая отвечает за эту инверсию. Ученые полагают, что эти ферменты также стимулируют деление клеток опухоли. Высказывалась гипотеза, согласно которой AMACR, «занятый» превращением R-ибупрофена в S-ибупрофен, не может поддерживать деление раковых клеток, и рост опухоли замедлится.



Два года назад вышло исследование, в котором было показано, что ибупрофен оказывает лечебный эффект при поликистозе яичников у женщин — заболевании, связанном с повышением уровня тестостерона. Предположительно, ибупрофен снижает уровень этого гормона за счет противовоспалительного эффекта, но точный механизм требует дальнейшего изучения.

До 75% бегунов на длинные дистанции во время соревнований принимают нестероидные противовоспалительные препараты. Исследование участников марафонских забегов показало, что ибупрофен снижает мышечную усталость и признаки окислительного стресса, провоцируемого физической нагрузкой. С другой стороны, на фоне нагрузок чаще проявлялись его побочные эффекты — тошнота, боль в животе, диарея.

Ну и наконец — о старении. Исследователи из США и России установили, что ибупрофен продлевает жизнь клеток дрожжей, нематод *Caenorhabditis elegans* и дрозофил, предположительно, за счет замедления клеточного цикла (публикация в PLoS Genetics 2014 года). Сходный эффект у таких разных организмов дает надежду и млекопитающим.

Ибупрофен и бета-амилоид: есть ли связь?

Тема собственных исследований авторов этой статьи — сотрудников Пущинского научного центра биологических исследований Российской Академии наук (ФИЦ ПНЦБИ РАН), Пущино — имеет прямое отношение к продлению жизни и сохранению здоровья. Речь идет о влиянии ибупрофена на нейродегенеративные заболевания.

По некоторым данным, прием ибупрофена в течение пяти лет снижает риск развития болезни Альцгеймера более чем на 40% и чем дольше пациент использует ибупрофен, тем ниже риск деменции. Подобные закономерности замечены и для некоторых других НПВС, однако не для всех. Поэтому можно предположить, что профилактический эффект ибупрофена обусловлен не только его противовоспалительными свойствами.

В наших исследованиях мы обнаружили, что ибупрофен может менять свойства сывороточного альбумина — основного белка плазмы крови, который переносит гормоны, жирные кислоты и другие соединения, включая бета-амилоидный пептид (он же амилоид). Его накопление в центральной нервной системе считают одной из основных причин нарушения работы мозга и развития деменции альцгеймеровского типа.

Мы показали экспериментально, что ибупрофен, взаимодействуя с сывороточным альбумином, усиливает его связывание с бета-амилоидом. Более того, он помогает альбумину блокировать образование

фибрилл амилоида — длинных тяжей, из которых формируются отложения амилоида в мозге. Аналогичный процесс может происходить и в организме, поскольку сывороточный альбумин присутствует и в cerebrospinalной жидкости, и в межклеточном пространстве головного мозга.

Научные группы из разных стран получили данные о других свойствах ибупрофена, которые также могут быть использованы для лечения и профилактики болезни Альцгеймера. Ибупрофен может препятствовать развитию заболевания разными способами: подавляя активность бета-секретазы (фермент, расщепляющий белок-предшественник амилоида) и ацетилхолинэстеразы (фермент, разрушающий нейромедиатор ацетилхолин) или защищая нейроны от деградации за счет противодействия свободнорадикальному окислению.

Некоторые исследователи полагают, что ибупрофен также снижает риск развития болезни Паркинсона. Действительно, такое защитное действие исследователи из разных стран показали и на клеточных моделях, и на животных. По итогам широкомасштабных наблюдений, проведенных в США, у пациентов, принимавших ибупрофен не менее двух раз в неделю, болезнь Паркинсона развивалась на 38% реже, чем у тех, кто регулярно принимал аспирин, ацетаминофен или другие НПВС. Результаты другого исследования показали, что у пациентов с наследственной предрасположенностью к болезни Паркинсона риск развития заболевания снижают НПВС, в том числе аспирин и ибупрофен. Впрочем, была и публикация сотрудников Бергенского университета (Норвегия), в которой сообщалось об отсутствии подобных эффектов, поэтому выводы делать рано.

Так или иначе, растет количество данных о возможной роли ибупрофена как профилактического средства для предупреждения болезней Альцгеймера и Паркинсона, для лечения онкозаболеваний, например колоректального рака. Пока это только фундаментальные исследования, до победы надо пройти длинный путь.

Ибупрофену уже более 60 лет. Сегодня это самое популярное безрецептурное НПВС и по-прежнему одно из самых безопасных. О нем написаны книги, с 2002 года проводятся ежегодные международные конференции об ибупрофене в педиатрии. Многие научные работы посвящены разработкам новых форм ибупрофена с более быстрым эффектом или пролонгированным действием. И во многих лабораториях мира, в том числе и в нашей, продолжаются исследования этого удивительного препарата, потенциал которого пока не раскрыт до конца.

Исследование влияния ибупрофена на взаимодействие бета-амилоидного пептида с альбумином выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-74-10072 (Литус Е.А., Институт биологического приборостроения РАН — обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН).



Живая музыка против консервированной

Все мы знаем, что музыка воздействует на человека. А если ею умело пользоваться — то и помогает нам. Платон предлагал использовать музыку для лечения тревожности. Аристотель считал музыку инструментом для избавления от нестабильного эмоционального состояния. Музыка меняет пульс, выравнивает дыхание и давление.

Знаете, как быстро перезагрузить мозг и дать ему возможность отдохнуть? Лучший способ — это просто закрыть глаза, то есть отключить зрительную стимуляцию, которая дает максимальную нагрузку на мозг, и с закрытыми глазами послушать классическую музыку в течение 15–20 минут.

Когда человек закрывает глаза, в мозге возникают альфа-ритмы электрической активности с частотой от 8 до 13 герц. Если при этом мы еще слушаем классическую музыку, то альфа-ритмы становятся более выраженными, их амплитуда возрастает еще больше, что и регистрируют нейрофизиологи в заты-

лочной и теменной областях мозга человека с помощью приборов. Именно альфа-ритмы связаны с состоянием покоя и расслабленности.

Ученые давно исследуют воздействие музыки на мозг человека. И многое уже известно. Например, произведения, исполняемые на фортепиано, гармонизируют психику и стимулируют синтез дофамина, что благотворно сказывается на эндокринной и иммунной системе. Звуки органа взбадривают когнитивные процессы. Скрипка, виолончель, гитара, арфа, то есть струнные инструменты, благотворны для работы сердечно-сосудистой системы. А вальсы мы любим потому, что своим размером три четверти они близки сердцу биению людей и поэтому способствуют физиологической гармонии.

Классическая музыка благотворно влияет на сон. На эту тему выполнен не один эксперимент с участием добровольцев, которые испытывали сложности с засыпанием. Один из экспериментов выглядел так. На протяжении трех недель добровольцы слушали на ночь спокойную классическую музыку и в результате избавились от бессонницы, в отличие от тех, кто продолжил вести обычный образ жизни.

Одна из причин такого благотворного влияния — ритмичность классики, соответствующая частотам мозга в фазе глубокого сна. Она порождает тета-волны, которые появляются, когда мозг из расслабленного бодрствования переходит в сонливость. Электрические колебания в головном мозге становятся более медленными и ритмичными. Большинство людей засыпают, как только в головном мозге появляется заметное количество тета-волн.

А вообще человек засыпает лучше, если в мелодию входят элементы, похожие на белый шум, например — шум дождя, моря, травы и деревьев на ветру. Тоже ведь музыка своего рода. Здесь тета-волны не замедлят появиться. Согласитесь, под шум дождя особенно хорошо спится.

Прочитала в одной из научных статей, что «согласно исследованиям, от бессонницы хорошо помогают пьесы Чайковского, Грига и Сибелиуса, снятию усталости способствует прослушивание "Скрипичного концерта" и "Венгерских танцев" Брамса, уменьшают тревожность "Симфония № 6" Бетховена, "Аве Мария" Шуберта или "Ноктюрн соль-минор" Шопена.

Снять головную боль помогут "Фиделио" Бетховена, полонез Огинского и "Венгерская рапсодия" Листа. Регулярное прослушивание произведений из цикла "Времена года" Вивальди улучшает память, а музыка Моцарта активизирует мозговую деятельность и способствуют быстрому усваиванию информации».

Короче говоря, разная музыка может по-разному влиять на наш мозг — возбуждать, успокаивать, вдохновлять, смягчать, утешать и убаюкивать. У каждого из нас свой опыт в этом вопросе. Что касается меня, то «Венгерская рапсодия» Листа всегда поднимает мне настроение и настраивает на работу, а вокализ Рахманинова, к примеру, я не могу слушать без слез.

Исследователи полагают, что классическая музыка сильнее воздействует на человека, нежели эстрадная, поскольку затрагивает глубинные, архетипические структуры нашего бессознательного, вызывает медитативные состояния.

Музыка — это великолепный инструмент, который при умелом использовании позволяет нам перенастраивать свой мозг, регулировать состояние нервной системы, быстро переключиться и давать мозгу возможность отдохнуть. Отличное лекарство от стресса, причем без таблеток. Ведь мы слушаем музыку, чтобы поднять настроение, для радости. А радость крайне полезна для здоровья и отношений.

Не удивительно, что в 2003 году в России Минздрав признал музыкотерапию официальным методом лечения.

Но здесь возникает вопрос. Если слушать живую музыку в филармо-

нии и ту же самую, только записанную на диске, — влияние на мозг будет одинаковым? Этот вопрос ученые тоже не обошли вниманием. Швейцарские исследователи в Цюрихе провели эксперимент, в котором приняли участие 27 добровольцев (PNAS).

Пианисты играли им отрывки из разных музыкальных произведений, либо та же музыка звучала из магнитофона. О том, что происходило в мозге испытуемых, исследователи судили с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии (МРТ). Они измеряли активность в миндалине мозга, которая считается центром обработки эмоций.

Оказалось, что у всех участников эксперимента активность миндалины и множества других нейронных сетей для обработки эмоций была значительно выше, когда они слушали живую фортепианную музыку. А вот реакция миндалины на «консервированную музыку» была значительно менее активна и менее выражена, менее эмоциональна.

Впрочем, любой, кто хоть раз побывал на концерте, знает, что благодаря взаимодействию исполнителя и публики живая музыка обычно гораздо более эмоциональна, чем музыка, записанная на пленку.

В марте ходила на концерт Дениса Мацуева в концертном зале «Зарядье» в Москве. Сказать, что я была впечатлена — это ничего не сказать. Я была потрясена совершенством исполнения сложнейшего Прокофьева. Сколько времени прошло с тех пор, а я помню концерт в деталях. А вот классические произведения, которые за прошедшее время прослушала в плеере, я не вспоминаю.

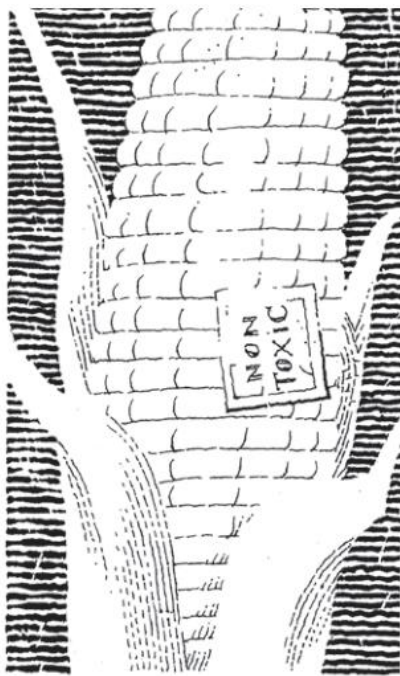
Вот почему в индустрии развлечений сохраняются концерты, которые непосредственно, в лоб, влияют на эмоциональную жизнь аудитории. Вот почему мы ходим в консерватории, филармонии и музыкальные театры. Прослушивание пианиста, органиста или скрипача живую волнует нас эмоционально

больше, чем прослушивание его музыки с магнитофона.

А для меломанов и музыкантов, то есть слушателей подготовленных, динамическое взаимодействие на концерте — это эмоциональное переживание, которое невозможно заменить музыкальными записями.

Живая музыка со своими спонтанными вариациями резонирует с мозгом и стимулирует его сильнее и устойчивее, чем консервированная музыка, то есть музыка в записи.

А вот что по этому поводу думал знаменитый советский педагог-практик Василий Александрович Сухомлинский: «Как гимнастика выпрямляет тело, так музыка выпрямляет душу человека». Так, может, душа человека живет в мозге? Впрочем, этот интереснейший вопрос не для научно-популярного журнала, ибо душа — не научная категория.



«Царица полей» против мышьяка

Попалась мне научная статья про кукурузу. И пока читала ее, все время улыбалась, потому что невольно вспоминала гениальный бессмертный фильм Элема Климо-

ва 1964 года «Добро пожаловать, или Посторонним вход воспрещен». Помните, в нем фигурирует «царица полей» кукуруза? Это такая сатирическая реплика на известную кукурузную кампанию — попытку массового внедрения кукурузы в сельском хозяйстве Советского Союза в 1950–1960-х годах по инициативе первого секретаря ЦК КПСС Никиты Хрущёва.

Однако сатира сатирой, но у кукурузы как кормовой культуры действительно есть масса достоинств. И вот недавно ученые обнаружили еще одно необычное свойство. И связано оно с мышьяком.

Есть такая мировая проблема — отравление грунтовых вод мышьяком. Недавно ученые составили первую в мире карту грунтовых вод, отравленных этим ядом. Оказывается, что зоны с высокой природной концентрацией мышьяка в грунтовых водах есть на всех континентах.

Где-то эта проблема стоит острее — например, в южных регионах Канады, Калифорнии, севера Аргентины, Намибии и Казахстана, а также во многих регионах Китая и Монголии. А где-то она минимальна и малозаметна, как, например, в России и странах Европы.

Однако грунтовые воды с повышенной концентрацией мышьяка встречаются во всех государствах мира. И в общей сложности под угрозой хронического отравления мышьяком сейчас находится до 220 млн жителей Земли.

Но если загрязнены грунтовые воды, то мышьяк неизбежно оказывается в почвах и влияет на жизнь ее обитателей. Например, в таких почвах гибнут дождевые черви. Да и растения себя плохо чувствуют, что неизбежно сказывается на их урожайности. А она, разумеется, падает. У зерновых и сахарной свеклы — на треть, у бобовых и картофеля — почти вдвое.

Дело в том, что мышьяк по химическим свойствам близок к фосфору — оба элемента находятся в одной группе в таблице Менделеева. Фосфор — желанный гость для рас-

тений, для него все двери открыты, потому что это важное питательное вещество. Для его всасывания у растения предусмотрены специальные транспортные каналы в корнях. Этими же каналами пользуется и мышьяк, прикидываясь фосфором. Такой троянский конь. В результате все больше и больше яда попадает в пищевую цепь. А это уже опасность для животных и человека.

И вот тут на авансцену выходит кукуруза, «царица полей». Недавно ученые выяснили, что она вырабатывает вещества под названием «бензоксаиноиды». Они мешают кукурузе всасывать мышьяк из почвы. Более того, попадая в почву, эти вещества обездвиживают мышьяк и не дают ему пролезать в растения.

Разумеется, эта гипотеза была доказана с помощью прямых научных экспериментов. Ученые выращивали кукурузу на почвах с высоким содержанием мышьяка и без него. Причем это были два вида кукурузы — обычная и генетически модифицированная, которая из-за генетического дефекта не могла вырабатывать спасительные бензоксаиноиды.

Результат был однозначным. На почве, содержащей мышьяк, лучше росла кукуруза, продуцирующая бензоксаиноиды. Она же накапливала значительно меньше мышьяка в своей биомассе, чем кукуруза, не выделяющая противоядие. Когда же исследователи добавляли эти вещества в почву, содержащую мышьяк, мутантные растения также были защищены от токсичности мышьяка (PNAS).

Похоже, бензоксаиноиды связывают мышьяк по рукам и ногам и не дают ему всасываться через корень. Какие химические процессы стоят за этим — еще предстоит выяснить. Вероятнее всего, эти вещества образуют громоздкие комплексы с мышьяком, не влетающие ни в какие каналы растений.

Тут вывод напрашивается сам собой. На тех почвах, которые по воле природы загрязнены мышья-

ком, надо выращивать сорта растений, выделяющие больше бензоксаиноидов. Причем их можно получить с помощью селекции или генетической модификации. Ну и, конечно, кукурузу надо привлекать к восстановлению почв, техногенно загрязненных мышьяком. Если где и должны найти применение кукурузные таланты, так это точно в фиторемедиации почв.



Светящаяся петунья

Вы, конечно, знаете петунию — растение с крупными цветками разного цвета. Ею любят украшать в городах газоны, балконы и подвесные клумбы. А что вы скажете по поводу петунии, чьи цветки светятся в темноте подобно светлячкам? Скажете — небывальщина? Нет. Такие петунии уже появились на рынке. И появились они благодаря российской биотехнологической компании «Планта».

Давно известно, что некоторые живые существа светятся в темноте. Эта живая биолуминесценция встречается у медуз, рыб, светлячков и у некоторых грибов. Грибы —

это хорошо, потому что молекулярные метаболические процессы биолуминесцентных грибов физиологически аналогичны растениям. А значит, гены первых можно перенести в геном вторых.

Исследователи так и поступили — перенесли в растения пять грибковых генов, которые отвечают за свечение. Точнее, гены управляют синтезом определенного фермента, который помогает кофейной кислоте, а она есть в растениях и грибах, превращаться в люциферин. Он-то и светится.

Была надежда, что такие трансгенные растения будут светиться. И они действительно начали светиться кислотно-зеленым цветом, но очень-очень слабо. Хотелось большего.

И вот тут-то и появилась российская биотехнологическая компания «Планта». Она и обеспечила прорыв в деле светящихся растений. Лаборатории компании находятся в Москве и Пущине. Здесь занимаются геномным редактированием и синтетической биологией, а результаты публикуют в ведущих мировых научных журналах, включая *Nature*, *Nature Biotechnology* и *PNAS*.

Исследовательская группа компании во главе с Ксенией Палкиной взялась за поиски собственного гена растений, который мог бы способствовать люминесценции. Ведь если в растениях есть кофейная кислота, то, вероятно, есть и ферменты, которые помогут ей превратиться в люциферин. И такой ген, а также множество ферментов исследователи обнаружили у 12 совершенно разных растений.

Тогда технологию генетической модификации петунии несколько изменили — сделали ее гибридной. Теперь в ее геном ввели не пять, а три грибковых гена, ответственных за биолуминесценцию, а также один растительный ген, который нашли исследователи из «Планты». И схема сработала — цветы растения начинали ярко светиться (*Science Advances*).

В компании «Планта» сконструировали и вырастили светящиеся хризантемы, светящийся табак и другие виды светящихся растений. А вообще за время работы, а это всего семь лет, «Планта» создала более 4 тысяч линий растений с измененным геномом.

А что же петунии? Американская компания Light Bio воспользовалась российской технологией и создала петунии, которые светятся так же ярко, как лунный свет. Они должны были появиться в продаже в США в конце весны. Ожидается, что в будущем появятся и другие виды растений с еще большей яркостью, потому что спрос на них велик.



Исполины против микропластика

Проблема вездесущего микропластика беспокоит многих. Вот почему в научной литературе велик поток статей об исследованиях в этой области. Ученых интересует, как ведет себя микропластик в разных средах и как от него защититься или избавиться. И тут пришла подмога, откуда не ждали. Руку помощи с узловатыми крючковатыми пальца-

ми протянули нам дубы. Эти красавцы-долгожители произрастают во многих странах мира. Япония — не исключение.

Японские исследователи задались вопросом: что находится на восковой поверхности листочков дубов *Quercus serrata*, произрастающих в лесопарках в Токио? Биологи взяли листочки и смыли с их поверхности восковой слой. Что, кстати, было совсем не простым делом. Тут в ход пошла не только вода, но еще и ультразвук и 10%-ный раствор щелочи.

Воск смыли, проанализировали его состав новейшими аналитическими методами и увидели, что воск содержит частицы микропластика — полиэтилена и полипропилена. Того самого микропластика, который вездесущ — он и в почве, и в воде, и в растениях, и в продуктах питания, и — конечно — в воздухе. И то, что он оседает на листьях деревьев, вполне логично. Гидрофобный воск как магнитом притягивает к себе гидрофобные частицы микропластика размером меньше 100 микрон.

Конечно, на первый взгляд может показаться, что на одном дубовом листочке налипается не так уж и много частиц. Но если пересчитать листочки всех дубов, произрастающих в Японии, то окажется, что эти дубовые леса, их кроны, ежегодно высасывают из воздуха около 420 триллионов частиц микропластика. В конце концов листья опадают, и микропластик оказывается в почве (*Environmental Chemistry Letters*).

Пока неизвестно, как адсорбция микропластика на листьях влияет на само растение. Ученые это выяснят, несомненно. А пока давайте скажем дубам большое спасибо, что работают фильтрами воздуха и освобождают его от микропластика. Наверное, такими же способностями обладают и другие деревья, чьи листочки покрыты слоем воска. Деревья заботятся о нас. Так что давайте будем платить им тем же.



Собаки все понимают?

Если у вас есть собака, то вы точно знаете, что собака очень умное животное. И кажется, что она понимает, о чем говорят люди. А ведь так и есть. Исследовательская группа из Университета Этвеша Лорана в Будапеште провела эксперимент с участием 18 собак и их хозяев, чтобы понять, понимают ли собаки смысл слов или нет.

Собакам разместили электроды на голове, чтобы проследить, что происходит в их мозге. Владелец сначала произносил название игрушки, а потом показывал ее своей собаке. Например, он говорил «мяч» и показывал мяч. Слова активируют память. Если образ предмета сохранен в памяти собаки, то мозг вытащит его оттуда, и этот процесс зафиксировал ЭЭГ.

Но иногда объект и слово не совпадали, то есть хозяин намеренно лгал собаке. Говорил «мяч», а показывал веревку. При этом собак не просили делать что-то конкретное, они должны были просто смотреть на объект и обдумывать ситуацию.

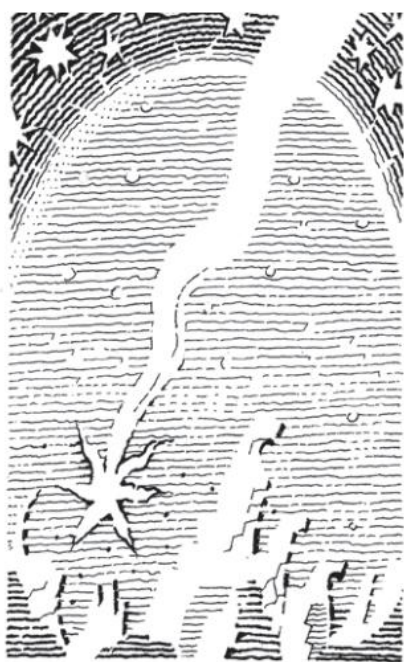
Что же показал эксперимент? Оказалось, что нейронные паттер-

ны, возникающие в мозге собаки в ответ на слово «мяч» и на демонстрацию этого предмета, совпадали. Если же показывали одно, а называли другое, то паттерны не совпадали, то есть собака понимала, что ее обманули и что предмет и предложенное название не совпадают (*Current Biology*).

Кстати, этому эксперименту предшествовал аналогичный, но с участием людей. И реакция мозга на предмет и его название у людей и собак совпали.

Похоже, понимание речи — это не чисто человеческий навык. Когда владелец говорит «мяч», у собаки, вероятно, тоже возникает в голове образ мяча. Значит, люди не единственное млекопитающее, которое понимает предметные слова.

Так что, дорогие друзья, ваша собака понимает больше, чем вы думаете. А вот почему собаки не всегда показывают нам, что понимают наши слова? Ответ на этот вопрос ученые предполагают поискать в последующих исследованиях.



Химия небес

Есть вещества, которые играют заметную роль в нашей жизни. Например — этиловый спирт. У этого

органического соединения, которое помогло и помогает скотить не одно состояние, много поклонников и фанатов по всему миру. Но, похоже, значение этилового спирта мы все же недооценивали. Как выяснили астрофизики, сфера его влияние — не только Земля, но и вся Вселенная.

Вообще, астрохимии давно наблюдают в пылевых облаках, рождающих звезды и планеты, важные молекулы — воду и сложные органические соединения, состоящие как минимум из шести атомов, по крайней мере один из которых углерод. Так что предшественники биологически активных соединений и строительного материала для живой клетки широко распространены в космосе. До сих пор их находили только в газовой фазе.

Однако температура в открытом космосе достигает минус 270°C. Тут любая органика превратится в лед. Так каково происхождение сложных органических молекул в космосе? Они образуются в газовой фазе или в молекулах льда? Это, кстати, один из старейших вопросов астрохимии.

Чтобы разобраться в нём, ученые из Лейденского университета в Нидерландах воспользовались космическим телескопом НАСА Джеймса Уэбба. Его инфракрасное зрение безупречно и позволяет рассмотреть каждый компонент в холодных темных молекулярных облаках, где оптические телескопы не работают.

Джеймс Уэбб рассмотрел ледяные частицы космической пыли, окружающей две протозвезды: массивную IRAS 23385 и более легкую IRAS 2A. И на поверхности этих частиц, а также внутри, в толще льда, впервые нашел этиловый спирт и ацетальдегид в твердой форме. И вот что интересно. Соотношение ацетальдегида и этилового спирта в твердой фазе (во льду) и в газовой фазе одинаково (*Astronomy & Astrophysics*).

Это наводит на мысль, что этанол образовался в результате

твердофазной реакции на поверхности холодных пылевых зерен, например — за счет гидрирования ацетальдегида, благо водорода во Вселенной много. При этом происходит постоянное испарение (сублимация, если точнее) этилового спирта с поверхности космических льдинок. Так образуется газовая фаза космической органики. Но этот химизм — тема для отдельной статьи.

На самом деле авторы исследования отвечают на другой важнейший вопрос: как вода и органические молекулы, предшественники и строительные блоки жизни, попадают на планеты. Ведь это возможно, только если органические вещества находятся в твердом состоянии. Льдинки, насыщенные органикой, собираются в кометы и астероиды и разносятся по Вселенной.

Ученые полагают, что в течение первых 500 миллионов лет истории Земли пребиотическая химия породила РНК, ДНК, жирные кислоты и белки. Но для создания этих строительных блоков живой клетки нужно было сырье. Его-то и доставляли на Землю кометы и астероиды. Однако до сих пор было возражение против того, что материал был слишком разбросан, чтобы обеспечить соответствующее количество вещества.

Теперь, кажется, разобрались, как это могло быть. Исследователи из Швейцарского федерального технологического института Цюриха предположили, что пыль от разбитых астероидов проливалась на Землю пыльным дождем (*Nature Astronomy*). Даже сегодня около 30 000 тонн частиц космической пыли ежегодно падает на Землю из космоса. А на заре формирования Земли пыльные дожди были частыми и обильными.

Пыль оседала на ледяных щитах, которые тогда покрывали Землю. Лед таял, вода вместе с пылью скапливалась в ямах, в естественных углублениях рельефа. И в этих ямах создавались области со значительной концентрацией пыли, которые также постоянно пополнялись. В

этих так называемых криоконитовых дырах скапливалась космическая пыль. Ее частицы отдавали космическую органику, в том числе этанол. Так образовывался именно в этих ямах тот самый первичный бульон, в котором развивалась пребиотическая химия и зарождалась жизнь. Бульон, немного приправленный, как царская уха, алко-голем.

Предложенная гипотеза, несомненно, вызовет споры. Поэтому хорошо бы подтвердить ее экспериментом. Этим и планируют заняться швейцарские ученые. Они хотят в лабораторных сосудах воссоздать условия, которые могли существовать в доисторических плавильных ямах, а затем посмотреть, образуются ли биологически значимые молекулы.

Впрочем, в сокровищницу величайших химических экспериментов всех времен и народов занесен известный классический эксперимент Миллера — Юри, в котором моделировалась химическая эволюция на ранней Земле.

Этот эксперимент, который Стэнли Миллер и Гарольд Юри выполнили в 1953 году, должен был подтвердить или опровергнуть гипотезу Александра Опарина и Джона Холдейна.

Гипотеза гласила, что условия на примитивной Земле способствовали химическим реакциям, которые могли привести к синтезу органических молекул из неорганических. В эксперименте через смесь газов (H_2 , CH_4 , CO , H_2O , NH_3), соответствующую представлениям о составе атмосферы ранней Земли в то время, пропускали электрические разряды, которые имитировали удары молнии по Земле.

Первичный анализ показал наличие в конечной смеси пяти аминокислот. Однако более точный повторный эксперимент и анализ продуктов уже в XXI веке показал, что в этом эксперименте образуются 22 аминокислоты.

Посмотрим, что получится у швейцарских химиков. Но в любом

случае их работа оживит дискуссию о происхождении жизни на Земле, которая, впрочем, не затихала.



Маскировка, подсказанная цикадой

Наверняка вы знаете, кто такая цикада, и слышали, как она стрекочет в жаркий день. Стрекошет самец, да так громко, что воздух аж гудит. Слышно стрекот хорошо, а вот само насекомое не сразу и найдешь. А между тем оно сидит на стволе дерева или кустарника на самом виду, прямо перед глазами. Почему не видим? Из-за маскировки. И дело здесь не только в покровительственной окраске.

Оказывается, все тело цикады покрывают микроскопические зерна. Это полые сферические брохосомы диаметром от 300 до 700 нм с ячеистой внешней стенкой. Очертание брохосомы приближается к геометрии футбольного мяча или молекулы фуллерена: на ее поверхности чередуются отверстия в форме пяти- и шестиугольников размером от 100 до 280 нм. Эта вполне

ажурная конструкция сделана из нескольких видов белков и липидов. А производят брохосомы сами цикады.

Кстати, впервые брохосомы обнаружили у кузнечиков и рассмотрели их в электронный микроскоп в 1952 году. Благодаря тому, что размеры брохосом соизмеримы с длинами волн солнечного спектра, эти ажурные структуры отлично поглощают свет, тем самым помогая ей маскироваться на местности.

Исследователи из Университета штата Пенсильвания решили в этом убедиться. Используя 3D-принтер, они создали искусственные аналоги брохосом — синтетические решетчатые сферы с отверстиями. Затем в ход пошли спектрометры, чтобы оценить отражательную способность наносфер в различных экспериментах. Эксперимент показал, что они действительно отражают на 80-94% меньше света.

Впервые исследователи наблюдали, как в природе свет контролируется с помощью полых частиц. Таким образом цикады маскируются, чтобы спрятаться от животных, глаза которых видят в том числе и ультрафиолетовый свет, например птиц и рептилий (PNAS).

Вот вам еще один природный патент, который, несомненно, можно использовать в мирных целях — для разработки новых светопоглощающих материалов и покрытий, для разработки солнечных систем и солнцезащитных кремов. Светоотражающим слоем брохосом также можно было бы покрывать таблетки, чтобы защитить их от разложения под действием света.

Материаловеды, природа неисчерпаема!

Выпуск подготовила
Л.Н. Стрельникова

Иллюстрации
Петра Перевезенцева



Земля и ее обитатели

фото: ТАСС

Н. Анина

Гнездостроение как искусство компромисса

В саду доктора Уильямса

Большинство птиц выводят своих птенцов в гнездах. Гнезда эти чрезвычайно разнообразны: от простой ямки в земле до сложнейшего крытого многокамерного сооружения. При строительстве гнезд птицы руководствуются инстинктами, то есть генетически определенным, стереотипным поведением. Инстинкт определяет форму и размеры гнезда и отчасти выбор строительных материалов и технологий. Кому на роду написано свивать гнездо из травы и пуха, не станет лепить его из глины.

Если бы дело ограничивалось инстинктами, птицам пришлось бы несладко, потому что следование стереотипам в быстро меняющемся мире чрезвы-

чайно осложняет жизнь. К счастью, птицы, как и другие животные, умеют обучаться, то есть постепенно приспосабливаться к новым условиям. Природные материалы они выбирают в зависимости от обстоятельств и вдобавок научились использовать при строительстве всякий мусор, оставленный человеком: обрывки полипропиленовой пленки, проволоку, нитки, даже окурки.

Учатся птицы и на собственном опыте, и глядя на соседей. В этом случае новое поведение может распространиться в популяции, передаваться из поколения в поколение и стать традицией. Традиция не наследуется, ее перенимают. Если птицы в каком-то месте систематически используют определенные материалы, можно говорить о культуре строительства птичьих гнезд.

Наверное, впервые на культурные традиции птиц обратил внимание великий британский натуралист Альфред Рассел Уоллес (1823–1913). Он утверждал, что птицы, строящие гнезда, обладают, подобно людям, социально приобретенными архитектурными «обычаями». Это наблюдение долго находилось в противоречии с убеждением, что птицы строят гнезда, руководствуясь исключительно инстинктом. На самом деле всякое действие животных определяют инстинкт, и обучение, но в разных соотношениях.

Первые опыты, посвященные роли инстинкта и опыта в гнездостроении, биологи поставили в первой половине XX века. Оказалось, что различным птицам опыт нужен в разной степени. Так, птицы-ткачи *Ploceus cucullatus* и домашние канарейки *Serinus canaria domestica*, не видевшие, как выют гнезда, могут с первого раза соорудить вполне сносное гнездо, уступающее, однако, по качеству гнездам опытных строителей. Но ничего, раз от разу они совершенствуют свои навыки. А неумелые странствующие дрозды *Turdus migratorius* и розовогрудые толстоносы *Pheucticus ludovicianus* с постройкой не справились даже после нескольких попыток, смогли только устроить подстилку в искусственном гнезде, которое им предоставили экспериментаторы. Итак, птица, никогда раньше не видевшая, как строят гнезда, собственного гнезда не построит или сделает это плохо.

Уже в нашем веке финские ученые под руководством доцента Университета Турку Йона Броммера (Jon Brommer) десять лет наблюдали за гнездами синиц-лазоревок *Cyanistes caeruleus*. Ученые проанализировали ассортимент строительных материалов в 1010 гнездах, построенных для первых выводков, и учли родственные связи синиц. Оказалось, что параметры гнезда лишь на 12–13% определяются наследственностью, всё остальное — опыт. Синицы, по-видимому, учатся друг у друга, потому что в процессе строительства до 40 раз посещают строящиеся или уже готовые гнезда других лазоревок. При этом птички перенимают не только технологию, но и предпочитаемые материалы. У других птиц, как у ласточек, например, показатель наследуемости может быть в несколько раз выше.

Интересные выводы о готовности перенимать чужой опыт гнездостроения сделал американский врач, натуралист и художник Генри Смит Уильямс (Henry Smith Williams). Весной 1923 года он повесил у себя на заднем дворе красную, белую, синюю, лавандовую, оранжевую и желтую пряжу и делал так каждую весну на протяжении десяти лет. Его интересовало, используют ли птицы эту пряжу для строительства гнезда, и если да, то какого цвета. Во дворе Уильямса гнездились американские иволги (желтушники) *Icterus sp.* Одна птичка задействовала пряжу всех цветов, кроме синего. В последующие годы ее примеру последовали и другие иволги, но у каждой были собственные цветные предпочтения.

Затем случилась удивительная вещь: в 1929 и 1930 годах одна самка использовала только белую пряжу, а в 1931 году уже вся колония, 11 пар, выбрала белый цвет. Уильямс назвал эту птицу законодательницей моды сезона. Почему белые нитки стали так популярны — непонятно. На желтушников посматривали и другие птицы, живущие в том же дворе. В 1929 году одна самочка королевского тиранна *Tyrannus spp.* (это небольшие птички отряда Воробьинообразные) вплела в гнездо исключительно белую пряжу и сделала это только после того, как американские иволги закончили строить свои гнезда. В последующие сезоны ее поведение переняли еще два тиранна, но пряжу выбирали цветную.

В 1931 году Уильямс заметил предпочтение одного или нескольких цветов пряжи для строительства гнезд еще у пяти видов: странствующего дрозда *Turdus migratorius*, крапчатой птицы-кошки *Ailuroedus spp.*, американского свистеля *Bombycilla cedrorum*, краснобрюхой горихвостки *Phoenicurus spp.* и малого эмпидонакса *Empidonax minimus*. Таким образом Уильямс в течение десяти лет наблюдал, что птицы как внутри вида, так и между видами перенимают друг у друга навыки строительства гнезд, что дает основание говорить о традиции гнездостроения.

Амадины выбирают шпагат

Полевые наблюдения показали, как переплетаются в гнездостроении инстинкты, опыт и даже культурная традиция. Чтобы добыть эти сведения, нужны годы. Проще и быстрее экспериментировать в лаборатории. На роль лабораторных птиц хорошо подходят зебровые амадины *Taeniopygia guttata*. Они живут в засушливых районах Австралии и сооружают из зеленой и сухой травы неопрятную куполообразную конструкцию с боковым входом, которую пристраивают где придется: в кустарнике, на земле, в упавших бревнах, кроличьих норах и в основании гнезд больших хищных птиц. Гнездятся зебровые амадины колониями, причем неодновременно. Птицы прилетают в колонию в течение всего периода размножения и большинство из них родились в других местах. Таким образом, чужие гнезда доступны для просмотра всем, кроме самых ранних прибывших особей, и ничто не препятствует амадинам учиться у соседей.

Зебровые амадины хорошо размножаются в неволе, при необходимости их разводят в лаборатории. К трем месяцам птичка уже совсем взрослая и готова приступить к сооружению гнезда.

С амадинами экспериментируют уже несколько десятков лет. Так, в 1965 году профессор Массачусетского университета Теодор Сарджент (Theodore Sargent) интересовался, в какой степени на строительство гнезда влияют детские впечатления. Он выращивал птенцов в гнездах, которые отличались цветом (коричневый, зеленый или красный); формой — у амадин оно либо



▲ Самец зебровой амадины — усердный гнездостроитель

▼ Сорочье гнездо из шипов, сооруженное в Антверпене. Шипы придуманы для того, чтобы помешать птицам гнездиться



Фото Auke-Florian Hiemstra

закрывающая, либо открытая чашка — и расположением гнезда. Гнездо находилось либо в клетке, либо в деревянной пристройке, где было значительно темнее, чем в клетке.

Когда птичкам пришла пора строить собственные гнезда, оказалось, что выросшие в клетке предпочитали гнездиться в клетке, а птенцы из пристройки — в пристройке. На этом влияние детских впечатлений заканчивалось: почти все птицы сооружали коричневые гнезда-чаши. Сарджент пришел к выводу, что врожденная предрасположенность сыграла большую

роль в принятии решений о строительстве гнезда, чем воспоминания о собственном гнезде.

В наше время аналогичными исследованиями занимаются специалисты Университета Сент-Эндрюс под руководством профессора Сюзан Дениз Хили (Susan D. Healy). Продолжая решать задачу о соотношении опыта и врожденных предпочтений, ученые остановились на анализе одного признака — цвете строительного материала.

Сначала нужно было установить эти самые предпочтения. Двадцати парам амадин, никогда не видевшим, как это делается, предложили куски розового и оранжевого джутового шпагата. Вербочки прикрепили к стенкам вольера, так что птицы не могли ими воспользоваться, только теребили, а исследователи наблюдали, какой цвет им больше нравится. Потом вербочки забрали и показали птицам, как опытный самец-демонстратор вьет гнездо из нелюбимого парой цвета. После этого паре опять выдавали шпагат двух цветов и ящичек для устройства гнезда. И оказалось, что некоторые из них выбрали не любимый цвет, а тот, который использовал демонстратор, а некоторые вообще не проявляли предпочтений и мешали розовый шпагат с оранжевым. Либо птицы уверились, что старшему товарищу лучше знать, какого цвета должно быть гнездо, либо за время обучения у них изменились собственные предпочтения.

Для проверки этой версии использовали вторую группу амадин: выяснили их цветовые предпочтения, сделали трехдневный перерыв, а затем без всякой предварительной демонстрации выдали строительные материалы двух цветов. Оказалось, что за трое суток вкусы амадин не изменились, и они принялись сооружать гнезда из любимого цвета. Таким образом, на выбор первой группы повлиял не переменчивый птичий вкус, а пример демонстратора.

При этом далеко не все птицы поддались магии чужого опыта. Многие остались верны первоначальному выбору, другие вернулись к нему в ходе строительства. Возможно, они обнаружили, что предложенный цвет не дает функциональных преимуществ, таких как незаметность или жесткость конструкции. А может быть, дело в том, что самцы слишком поздно увидели демонстрацию. Если бы они еще в детстве видели, что гнездо строят из волокон определенного цвета, они могли бы среагировать иначе.

Тем не менее эффект демонстратора, хотя и более слабый, имеет место даже в тех случаях, когда показателное свивание гнезда происходит онлайн — птички смотрят не на живого демонстратора, а на монитор.

Исследования амадин продолжила бывшая аспирантка Сюзан Хили, а ныне сотрудница Института эволюционной антропологии имени Макса Планка Алексис Брин (Alexis J. Breen).

Оказалось, что амадины все-таки наступают на горло собственным предпочтениям, когда тому есть серьезные основания. Например, самцы, свившие

гнездо из материала того цвета, который им не нравился, но в котором успешно выросли птенцы, выбрали этот же цвет для строительства следующего гнезда. А птицы, соорудившие гнездо любимого цвета, но не вырастившие там птенцов, впоследствии не меняют предпочтений. Почему — пока неясно, как непонятна и причина выбора того или иного цвета. Известно только, что с цветом гнезда, в котором появился на свет сам строитель, этот выбор не связан.

Ну и на другие свойства гнездового материала амадины, естественно, обращают внимание, и их выбор меняется по мере того, как они набираются опыта. Так, для строительства гнезда птичкам выдавали ящики из проволочной сетки с маленьким или большим входом и отрезки джутовой веревки разной длины. Сначала они выбирали длинные куски для большого входного отверстия и короткие — для маленького. Но в процессе строительства самцы научились протаскивать длинные шнуры в небольшие отверстия. Построив первое гнездо из гибкой веревки, второе они соорудили из более жесткого шнура. Это решение, по-видимому, обусловлено тем, что гибкая веревка неэкономна: ее на строительство требуется вдвое больше, чем жесткой.

Ощетинившиеся гнезда

На выбор материалов влияет не только наблюдение за чужими гнездами и собственный опыт, но и особенности окружающей среды. В эпоху антропоцена птицы, особенно городские, все чаще используют для гнезд материалы, созданные человеком. В ход идут сетки, провода, вешалки для одежды и даже острые предметы. Первое сообщение о «вороньем гнезде», сделанном из колючей проволоки, относится к 1933 году. Домашние голуби *Columba livia domestica* в британском городе Аккрингтоне размножались в гнездах, сделанных из шурупов и гвоздей, а голуби Ванкувера свили гнездо из шприцев, брошенных наркоманами. Последняя новация городского гнездостроения — ленты с шипами, которые люди размещают на крышах и выступах зданий и даже на ветвях деревьев, чтобы птицы на них не садились и не гнездились. Эти шипы калечат и убивают птиц и мелких млекопитающих, но птицы постепенно учатся использовать их в собственных интересах. Например, сапсаны Амстердама накалывают на эти шипы свою добычу и так хранят. В Австралии голубь свивал себе гнездо из антиптичьих шипов, и это гнездо регулярно уничтожали, но голубь его восстанавливал, и оно с каждым разом становилось все более шипастым.

Специалисты нескольких голландских университетов сосредоточились на врановых птицах и описали четыре новых случая шипастых гнезд. В Роттердаме черная ворона *Corvus corone* соорудила гнездо на тополе. Оно содержало не менее 16 антиптичьих полосок. Птица, по-видимому, притащила шипы с ближайшей стройки и вмонтировала их в гнездо таким образом,

чтобы они торчали наружу и не повредили обитателям гнезда. Другое воронье гнездо обнаружили на иве альпинисты, подрезавшие деревья. Ветки они обрезали, а гнездо сдали в Музей естественной истории Роттердама. Птицы это гнездо не достроили, но успели вплести туда 24 одинаковые полосы противоптичьих шипов длиной 33 см каждая, на которых закреплено семь пар 11-сантиметровых шипов. На полосах остались следы клея, которым они прикрепляются к зданию. Очевидно, вороны их оторвали.

Шипы, если с умом ими распорядиться, помогают закрепить конструкцию гнезда и установить на наклонной плоскости. Они же служат защитой, что прекрасно известно сорокам *Pica pica*. Их яйца и птенцы страдают от ворон, и сороки стремятся устроить гнездо в глубине колючего кустарника, а когда приходится гнездиться на верхушках деревьев, сооружают куполообразные гнезда, защищающие яйца и птенцов от нападения сверху. Через боковой вход хищникам проникнуть сложно — он слишком узок, поэтому вороны атакуют купол и пытаются его разрушить. Для противодействия агрессорам сороки используют колючие ветки боярышника, терновника, облепихи и шиповника. Чтобы добыть подходящий материал, они летают за 5 километров и наваливают над гнездом огромную колючую кучу. Антиптичьи шипы служат отличным заменителем естественных колючек. Птицы упихивают в гнезда десятки метров шипастой ленты.

Одно такое гнездо во внутреннем дворе университета Антверпена заметил пациент, глядя из окна четвертого этажа. Сооружение использовали два года, и было оно двухъярусным. В гнездо, построенное из веток и глины, сорока вделала 148 птицезащитных полос. Из гнезда торчало около полутора тысяч шипов, взятых, очевидно, с больничной крыши, с которой защитные полосы исчезли — остались только следы клея. Воспользоваться гнездом в третий раз сороке было не суждено — опустевшую конструкцию сняли и препроводили в коллекцию Центра биоразнообразия Naturalis.

В голландском городе Энсхеде сорока использовала разные типы шипов: какие-то с металлическими штифтами, а другие полностью из пластика. Еще одно гнездо сороки со встроенными шипами против птиц найдено в Шотландии, в Глазго.

Исследователи планируют выяснить, как колючки, естественные и искусственные, влияют на выживание птенцов.

Это инновационное использование шипов для строительства гнезд можно рассматривать как модификацию ранее существовавшего естественного поведения. Сороки отламывают от деревьев достаточно крупные колючие ветки, так что на отрыв шипастой полоски у них хватает и сил, и умения. А что им остается делать, если в современном городе противоптичьи ленты встречаются чаще, чем ветки боярышника?



Что мы едим

Кандидат биологических наук

Н.Л. Резник

Молоко для взрослых

Млекопитающие потому так называются, что кормят своих детенышей молоком. Когда детеныши вырастают и переходят на другую пищу, фермент, необходимый для усвоения молока, у них за ненадобностью отключается. Только *Homo sapiens* продолжают и в зрелом возрасте пить молоко, а непереносимость лактозы (молочного сахара), абсолютно нормальная для всех взрослых млекопитающих, у человека считается заболеванием.

Эволюция молока

Молоко — суперпища новорожденных, источник жиров, белков, сахаров, иммуноглобулинов, гормонов и многого другого. Млекопитание — сложный процесс, и он не мог появиться внезапно. Молочная железа развилась из кожных желез, постепенно наращивая

продуктивность. У самых примитивных млекопитающих, утконоса и ехидны, молоко выделяется из кожных пор и стекает по материнскому пузу в особые складки, откуда детеныши его слизывают. У сумчатых уже появляются соски, за которые можно ухватиться, а у плацентарных (это все остальные млекопитающие, у которых зародыш вызревает не в сумке, а в матке, получая питательные вещества через плаценту, в том числе и мы с вами,) — крупные молочные железы.

Молоко тоже эволюционировало. Изучению этого процесса много лет посвятил японский исследователь Тадасу Урасима (Tadasu Urashima) — ныне почетный профессор Университета сельского хозяйства и ветеринарии Обихиро.

Если молочные железы образовались из других желез, то специфические белки молока, в том числе казеины, α -лактальбумин и β -лактоглобулин — из других белков, которые уже существовали в клетках животных. Сравнивая последовательности ДНК, исследователи предполагают, что казеины могли эволюциониро-



▲ Утконос с новорожденными

вать из белков зубной эмали, а последовательность α -лактальбумина напоминает лизоцим. Это фермент, он расщепляет связь между N-ацетилглюкозамином и мураминовой кислотой пептидогликанов клеточных стенок бактерий и поэтому действует как антимикробное средство. Лизоцима много в слезах и слюне, в молоке он тоже есть. Надо же обезопасить от вредных бактерий то, что попадет малышу в рот.

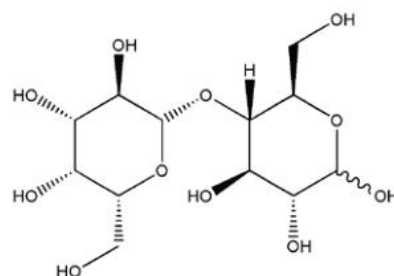
А знаменитый молочный сахар, лактоза, появился в молоке не раньше чем возник α -лактальбумин, и вот почему. Олигосахариды (молекулы из 2–10 моносахаридных остатков) молока синтезируются в эпителиальных клетках молочной железы. В этом синтезе участвуют ферменты гликозилтрансферазы, которые удлиняют сахаридную цепочку, присоединяя к ней моносахариды. В присутствии α -лактальбумина одна из гликозилтрансфераз переносит галактозу на D-глюкозу и образуется лактоза; α -лактальбумин выступает в этой реакции в роли катализатора.

Соотношение лактозы и молочных олигосахаридов в молоке зависит от соотношения активности α -лактальбумина и гликозилтрансфераз, и у разных видов млекопитающих оно различно. Олигосахариды преобладают в молоке утконоса, ехидны, сумчатых, а также медведей, тюленей, енотов, норок и скунсов. У большинства плацентарных млекопитающих доминирует лактоза.

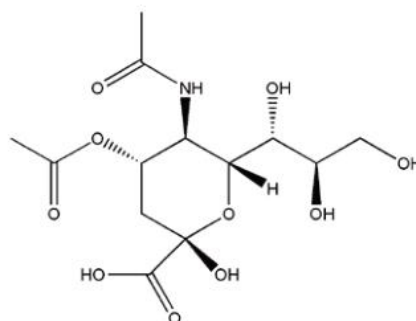
По-видимому, древнее молоко было преимущественно олигосахаридным. Клетки тонкого кишечника поглощали олигосахариды и переправляли в лизосомы — специальные клеточные органеллы, напичканные ферментами, которые расщепляли олигосахариды до моносахаридов. Для усвоения лактозы требуется особый фермент — лактаза (β -галактозидаза), и она работает не внутри клеток, а на внешних клеточных мембранах микроворсинок тонкого кишечника и там расщепляет молочный сахар на галактозу и глюкозу. Глюкоза поступает в кровоток и используется в качестве источника энергии, тогда как галактоза преобразуется в глюкозу в печени. Так что лактоза — цен-

нейшее вещество, молоко жвачных животных содержит около 5% лактозы, женское молоко — 7%.

У плацентарных млекопитающих, за некоторыми исключениями, лактоза составляет 80% молочных углеводов, остальные 20% приходятся на олигосахариды. На сегодняшний день выделено около 250 видов олигосахаридов молока. Состоят они в основном из глюкозы, галактозы, N-ацетилглюкозамина и N-ацетилгалактозамина, N-ацетилнейраминовой кислоты и фукозы, соединенных α - и β -связями.



▲ Лактоза — венец молочной эволюции



▲ 4-О-ацетил-N-ацетилнейраминовая кислота — уникальный компонент молока однопроходных. Возможно, он защищает молочные олигосахариды от разрушения бактериальными ферментами нейраминидазами. Новорожденные ехидны и утконосы слизывают молоко с материнской кожи, на которой бактерий предостаточно

Большинство детенышей плацентарных молочные олигосахариды не усваивает, но это не значит, что в молоке они лишние. Олигосахариды достигают толстого кишечника, где служат пищей для его микрофлоры, особенно для бифидобактерий. Микрофлора кишечника младенцев, находящихся на грудном вскармливании, чрезвычайно богата бифидобактериями. Они помогают полезным бактериям заселять кишечник человека в период его младенчества.

Кроме того, олигосахариды молока подавляют инфекции, вызванные патогенными вирусами и бактериями, усиливают барьерную функцию толстой кишки, координируют работу иммунной системы и стимулируют активность мозга.

Мы уже говорили, что у некоторых млекопитающих олигосахариды преобладают над лактозой. По мнению Тадасу Урасимы и его коллег, это происходит у видов, детеныши которых используют в качестве источника энергии преимущественно молочные жиры, а не угле-

воды. У тюленей, например, очень короткий период лактации, и малышам нужно успеть набрать вес и накопить подкожный жир, чтобы поддерживать температуру тела в воде. Для этого предпочтительнее молоко высокой жирности. Медвежата рождаются зимой в берлоге, медведица в это время ничего не ест, но должна поддерживать постоянную концентрацию сахара в крови, чтобы выжить. Поэтому медведице выгодно кормить детенышей молоком с высокой концентрацией жиров, а не углеводов, так как жира у нее под кожей достаточно.

Поскольку маленькие медведи и тюлени практически не используют молочные углеводы, их концентрация в материнском молоке мала, и уменьшается она преимущественно за счет меньшего содержания α -лактальбумина, катализирующего синтез лактозы. Однако активность гликозилтрансфераз сохраняется, поэтому олигосахаридов образуется много. Это объяснение подходит для медведей и тюленей, но может быть неприменимо для енотов и скунсов. Их молоко еще ждет своих исследователей.

Куда уходит лактаза?

Чтобы малютки-млекопитающие хорошо усваивали молоко и вполне использовали питательные свойства лактозы, им нужно достаточное количество фермента лактазы. Лактазу кодирует ген *LCT*, активность которого зависит от регуляторного гена *MCM6*. Последовательность *MCM6* постепенно модифицируется, и ген перестает активировать синтез лактазы, отчего количество фермента снижается примерно на порядок и млекопитающие теряют способность усваивать лактозу. К этому времени детеныши перестают нуждаться в материнском молоке.

У 65–70% людей активность лактазы с возрастом тоже снижается, остальные продолжают ее синтезировать. Способность вырабатывать фермент во взрослом возрасте называется персистенцией лактазы. Причина персистенции — мутации, благодаря которым ген *MCM6* избегает инактивации и продолжает усиливать синтез лактазы.

Персистенция лактазы распределена в мире неравномерно: она часто встречается в Европе, тогда как у коренного населения Австралии, Америки, Африки и Азии — редко. Время инактивации лактазы тоже разное. У тайцев, например, оно наступает к двум годам, у черного населения — между годом и восемью годами, а у белых людей — к пяти годам. Индийские дети теряют способность усваивать лактозу между тремя и восемью годами, а большинство финнов — к 10 годам, хотя у некоторых непереносимость лактозы может проявиться и в 20 лет.

Наиболее вероятной причиной возникновения персистенции лактазы ученые считают переход к сельскому хозяйству, когда люди стали использовать молоко жвачных животных. Следы молока нашли на посуде фермеров неолита, но эти данные не позволяют сказать, делали ли

из него сыр и кисломолочные продукты или потребляли сырым. Зародившись в плодородном полумесяце — на территории современных Ирака, Турции, Сирии, Ливана, Иордании, Палестины и Израиля, скотоводство распространилось практически во все регионы планеты, способные поддерживать выпас скота. В результате молоко и молочные продукты теперь составляют важную часть диеты многих человеческих популяций.

Не все территории равно пригодны для земледелия. В северных широтах, на больших высотах и в районах, подверженных частым засухам, культурные растения уязвимы, а животные могут прокормиться. Их ферментирующие многокамерные желудки успешно перерабатывают даже малопитательные растения. В этих областях молочные продукты играли важнейшую роль, и там же возникла персистенция лактазы.

Самая распространенная мутация гена *MCM6*, позволяющая ему избегать инактивации, 13910*Т с наибольшей частотой встречается на севере Европы. Там непереносимостью лактозы страдает лишь 2% населения, а в Южной Италии, где мутация встречается редко, — 70%. Известны еще по крайней мере четыре различных мутации в популяциях Восточной и Западной Африки, Аравии и Южной Азии. Так что способность переваривать лактозу возникала неоднократно как жизненная необходимость и не развивалась там, где отсутствовало молочное хозяйство.

Люди могли бы довольствоваться твердыми сырами и кисломолочными продуктами, в которых содержание лактозы понижено. Однако в холодном климате ферментативные процессы идут медленно и переработка молока неэффективна. Поэтому решающее значение для выживания человека приобрело питье сырого молока. В районах проблемного земледелия персистенцию лактазы поддерживал строгий отбор.

Молоко не только снабжает человека питательными веществами и витаминами, оно стимулирует секрецию инсулиноподобного фактора роста-1, который необходим для нормального роста и развития костей и других тканей. Подростки, регулярно пьющие молоко, вырастают более крупными и быстрее созревают. В регионах, где персистенция лактазы встречается часто, у населения увеличились размеры тела. Эти закономерности установились около 5000 лет назад и сохраняются по сей день.

Жизнь безлактозная

Сколь ни полезно молоко, большинство взрослых людей его не переваривает. При этом непереносимость лактозы, абсолютно нормальную с точки зрения физиологии, часто рассматривают как недуг, потому что восприимчивые люди, выпив молока, плохо себя чувствуют. Лактоза у них не всасывается и создает в кишечнике чрезмерную осмотическую нагрузку, вытягивая туда воду. В результате — диарея и вздутие живота. Добравшись до толстой кишки, неусвоенная

лактоза становится пищей тамошной микрофлоры, при этом образуются короткоцепочечные жирные кислоты и газы, в основном водород, углекислый газ и метан. Короткоцепочечные жирные кислоты окисляются, что также способствует диарее.

Ну и что прикажете делать с такими страдальцами? Кажется, ответ очевиден — не давать им молока. Но молочные продукты служат важным источником кальция, белков, минералов, полиненасыщенных жирных кислот, витамина D и других полезных веществ, поэтому полностью отказываться от молока обидно. К счастью, необходимость в этом возникает редко.

Термин «непереносимость лактозы» первоначально применяли к пациентам, у которых неприятные симптомы развивались после приема 50 г лактозы, что эквивалентно примерно литру молока. Большинство людей с неактивной лактазой могут безболезненно потреблять до 12–15 граммов лактозы в день, то есть стакан молока или 100 г мороженого.

Степень непереносимости лактозы у разных людей зависит от нескольких факторов. Во-первых, от синтеза лактазы в кишечнике. Есть три генотипа: переносимость лактозы и высокая активность лактазы, непереносимость лактозы с низкой активностью фермента и промежуточная лактазная активность.

На выраженность симптомов непереносимости молока может повлиять состав кишечной микрофлоры, способствующий газообразованию, или некоторые заболевания, такие как синдром раздраженного кишечника — больные более чувствительны к растяжению кишечника из-за осмотического давления. А если лактозу чем-нибудь заедать, она переносится легче.

Можно не ограничивать пациентов в молоке и выписать им лактазные таблетки. Фермент получают из некоторых дрожжей, грибов и лактобацилл. Хочешь выпить молочка — проглотить пилюлю. Однако лактазные таблетки стоят дорого, к тому же не лечат, а лишь позволяют избежать неприятных симптомов. И помогает эта мера не всем.

Еще одно действенное средство — пробиотики, то есть микроорганизмы, которые улучшают микрофлору желудочно-кишечного тракта и уменьшают пищевую непереносимость, в том числе непереносимость лактозы.

Механизмы действия пробиотиков разнообразны. Они увеличивают способность кишечной микрофлоры расщеплять разные соединения, угнетают рост газообразующих бактерий, регулируют проницаемость слизистой оболочки кишечника и поддерживают в кишечнике стабильно низкий уровень короткоцепочечных жирных кислот, не позволяя возникнуть болям в животе и диарее.

Чаще всего роль пробиотиков выполняют бактерии рода *Lactobacillus*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium animalis*, *Streptococcus thermophilus* и *Saccharomyces boulardii*. Пробиотики полезно обогащать витаминами, в частности B₆. К сожалению, пробиотики, хотя и облегчают симптомы непереносимости лактозы, не избавляют от них полностью.

Пробиотики часто добавляют в молочные продукты, например в йогурты, в качестве источника ферментов и пищевых добавок. Благодаря ферментации йогурт не вызывает появления типичных симптомов у людей с непереносимостью лактозы, да он молочного сахара почти и не содержит.

В дополнение к пробиотикам можно использовать пребиотики — неперевариваемые олигосахариды, фруктаны и галактаны. Они стимулируют рост и размножение бактериальной флоры, способной ферментировать лактозу. Хотя эти эффекты наблюдаются не у всех людей, специалисты надеются, что пребиотики каким-то образом могут восстановить переносимость лактозы.

Ну и конечно, в распоряжении людей с непереносимостью лактозы остаются кисломолочные продукты и сыры. С питательной точки зрения они сравнимы с классическими молочными продуктами. Сыры должны быть выдержанными: в отличие от свежих, в них лактозы мало или нет вообще, потому что в процессе созревания всю лактозу потребляют бактерии. Например, 30 г сыра чеддер содержит всего 0,02 г лактозы. Его можно съесть много, не испытывая неприятных симптомов. В общем, современная пищевая индустрия дает людям много возможностей извлекать пользу из молочных продуктов, не страдая от лактозы.

К сожалению, этого нельзя сказать о фармацевтической промышленности. Фармацевты запикивают лактозу во множество таблеток, пилюль, гранул, порошков для ингаляции. Даже в лекарства от диареи умудряются ее включить, хотя лактоза диарею провоцирует. Лактозу содержат около 70% таблеток. При этом производители лекарств уверяют, что нет в мире лучше наполнителя для таблеток и носителя для лекарственных веществ в ингаляционных порошках, потому что лактоза несладкая, доступна в высокоочищенном виде и безопасна для тех, кто не страдает ее непереносимостью. А кто и страдает, то в той дозе, которая содержится в лекарстве, может принимать без последствий. Обычно содержание лактозы в таблетке не превышает 400 мг, а суточная доза, принимаемая с лекарствами, — 2 г. Впрочем, точную дозу «лекарственной» лактозы определить бывает сложно, потому что не все производители ее указывают.

Есть, однако, сообщения о том, что даже таблеточные количества вызывают у людей, страдающих непереносимостью лактозы, сильную диарею. Можно, конечно, заменить лактозу крахмалом или микрокристаллической целлюлозой, однако такая замена повлияет на свойства препарата, например, его растворимость в воде, скорость поглощения или биодоступность. Поэтому любая модификация потребует новых исследований, часто длительных и дорогих; использование заменителей лактозы может привести к другим побочным эффектам, таким как раздражение кишечника или испорченные зубы. Впрочем, безлактозные аналоги некоторых лекарств существуют, будем надеяться, что эта проблема со временем разрешится.



Brassica oleracea
var. *capitata*

Панацейка

Капуста

В наше время все сложнее найти полезное растение, не запрещенное Роспотребнадзором. Хотя и с трудом, но мы пока справляемся, и сегодня у нас белокочанная капуста *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*. Название у капусты длинное, но тому есть веские причины. Родовое название *Brassica* происходит от кельтского слова *bresic* — «капуста». К этому роду относятся около сотни видов, поэтому необходимы уточнения. *B. oleracea* — это капуста огородная. У нее есть несколько вариантов — кочанная, брокколи, цветная капуста, кольраби, брюссельская капуста, листовая (она же кормовая). Кочанная капуста относится к варианту *capitata* (от латинского *caput* — голова), который, в свою очередь, представлен четырьмя формами: белокочанная (*alba*), краснокочанная, савойская и остроконечная (шпиц).

Русское слово «капуста» тоже происходит от латинского *caput*, и мы об этом подсознательно помним, когда интересуемся у собеседника, что у него на плечах: голова или кочан. Как мозгозаменитель капуста себя не оправдывает, зато в качестве овоща она выше всяких похвал. Это одно из самых распространенных пищевых растений, благо сортов капусты много — на любой климат.

Иллюстрация Петра Перевезенцева

В 1998 году Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) признала капусту важным источником продовольствия во всем мире и включила ее в двадцатку лучших овощных культур, а в России она — вторая по важности после картофеля.

История капусты теряется во мраке тысячелетий. Это исходно средиземноморское растение, там его, скорее всего, и окультурили, отсюда оно постепенно распространилось по всему миру. Индусы выращивали капусту за 3000 лет до нашей эры, древние египтяне — в XV–X веках до нашей эры, древние греки — в VI веке до нашей эры. На Руси кочанную капусту сажали с IX века. Ее популярности способствует дешевизна и доступность, а также многочисленные питательные и полезные вещества, которые она содержит.

Сахаров в белокочанной капусте немного, не более 7%, зато она богата витаминами группы В, токоферолом, витамином А и аскорбиновой кислотой (витамином С). Характерный резкий и терпкий вкус капусте придают глюкозинолаты, они же присутствуют и в горчичном масле. Белокочанная капуста содержит полифенолы, преимущественно флавоноиды и гидроксикоричные кислоты. Ее пищевые волокна полезны для кишечника. Из-за низкой калорийности и обилия биологически активных веществ капусту активно используют во всевозможных диетах.

Но еще задолго до того, как люди вообще узнали о существовании биологически активных веществ, они всю употребляли капусту в медицинских целях. На протяжении веков капусту называли лекарством для бедных и использовали для общего улучшения здоровья и лечения различных воспалений, желудочно-кишечных проблем или «очищения крови». Еще древние египтяне, греки и римляне принимали капустный сок как слабительное, противоядие при отравлении грибами и как средство от похмелья (в этом качестве капусту очень уважал Аристотель). Листья капусты считали отличным средством при отеках ног, лихорадке, солнечном ударе.

В наше время капусту используют при лечении боли в горле, охриплости, ревматических заболеваний, невралгий, колик и меланхолии. Листья белокочанной капусты — наружное средство при порезах, воспалениях кожи и суставов. Во всем мире капусту, особенно квашеную, считают превосходным противораковым средством, пьют капустный сок при язве желудка и гастрите, а кормящие женщины обкладываются свежими листьями для лечения отеков и профилактики воспаления молочных желез.

Среди биологически активных веществ, ответственных за эти эффекты, подробнее всего изучены глюкозинолаты. Их содержание варьирует в зависимости от региона, климата и условий произрастания. В белокочанной капусте преобладают синигрин, глюкоиберин и глюкобрассинин.

Собственно, целебными свойствами обладают не сами глюкозинолаты, а продукты их гидролиза, кото-



▲ Кочан капусты может достигать 16 кг

▼ Кочан — это большие листья на коротких черешках, плотно сидящие на стебле-кочерыге

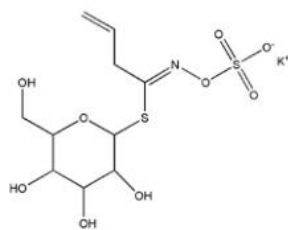


рые образуются при повреждении капустных листьев. Когда листья грызут, из клеточных вакуолей высвобождается фермент мирозиназа, он запускает гидролиз глюкозинолатов. В результате гидролиза образуются серосодержащие соединения, которым приписывают противовоспалительные и антиоксидантные свойства и, следовательно, способность исцелять недуги, связанные с окислительным стрессом, в том числе сердечно-сосудистые и нейродегенеративные.

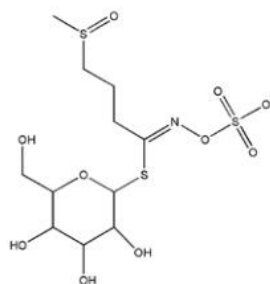
Специалисты пытаются добиться максимального содержания продуктов гидролиза глюкозинолатов в капусте. Они выяснили, что содержание аллилизотиоцианата — основного продукта расщепления синигрина — возрастает за счет сокращения времени приготовления. И усваивается аллилизотиоцианат лучше всего из сырых листьев, в кишечнике всасывается до 90% вещества. Термическая обработка заметно снижает биоактивность капусты.

Антиоксидантный эффект приписывают и капустным полифенолам. В сырой капусте их много и еще больше в квашеной. Преобладают кверцетин, кемпферол, апигенин и рутин.

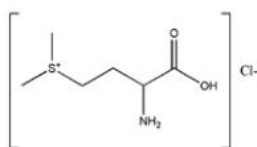
Многие традиционные методы лечения рекомендуют капусту для оздоровления желудочно-кишечного тракта.



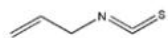
Синигрин



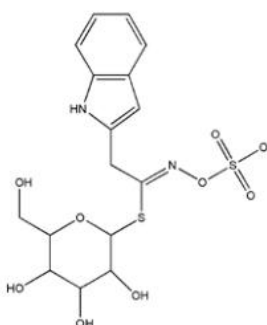
Глюкоиберин



Метилметионинсульфония хлорид - витамин U



Аллилизотиоцианат



Глюкобрасицин

В середине прошлого века медик из Стэнфордского университета Гарнет Чейни (Garnett Cheney) пролечил тринадцать больных в возрасте от 26 до 72 лет с язвой желудка или двенадцатиперстной кишки соком свежей капусты. Испытуемые, которые ежедневно выпивали по одному литру сока, выздоравливали быстрее пациентов, получавших стандартное лечение, — среднее время заживления язвы составило всего девять дней.

Несколько позже Чейни опубликовал еще одно исследование с большей выборкой и аналогичными результатами, а также провел много опытов на животных, у которых вызывал язвы желудка аспирином. Способность сока быстро заживлять неосложненные язвы он приписал некоему фактору, который назвал витамином U от латинского ulcer — «язва».

Витамин U оказался метилметионинсульфония хлорид (S-метил-L-цистеинсульфоксид), сейчас его называют витаминоподобным веществом, потому что он, в отличие от настоящих витаминов, может синтезироваться в организме человека независимо от внешних факторов, таких как солнечный свет или съеденный предшественник. Своими свойствами витамин U обязан сульфониевой группе, которая отдает метильные группы в многочисленных реакциях метилирования, в том числе стимулирует заживление поврежденной слизистой оболочки желудка и кишечника и выработку муцина — основного компонента защитной слизи. Витамин U не токсичен и не накапливается в организме.

В России это соединение тоже исследуют. Так, специалисты Сеченовского университета показали, что длительный прием метилметионинсульфония хлорида в дозе 300 мг/сут облегчает состояние больных хроническим гастритом и улучшает их качество жизни.

Метилметионинсульфония хлорид входит в состав биологически активной пищевой добавки Гастрарекс Нео. Витамин снижает уровень общего холестерина и липопротеинов низкой плотности, стабилизирует проницаемость клеточных мембран и уменьшает жировую инфильтрацию печени. Японские специалисты из Центра исследований и разработок Sunstar Inc. проверяли действие консервированного напитка из смеси зеленых овощей и фруктов, содержащей брокколи и белокочанную капусту. Тридцати одному взрослому пациенту в течение трех недель давали по две 160-граммовые банки напитка в день. У пациентов снизился уровень общего холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности в сыворотке крови. К сожалению, через девять недель после прекращения приема препарата эти показатели вернулись к исходному уровню.

Снижение концентрации холестерина уменьшает вероятность образования тромбов, и на кроликах капустный экстракт показал себя как антикоагулянт. У кроликов и крыс, страдающих диабетом, капуста понижает уровень сахара в крови и гликогена в печени и увеличивает толерантность к глюкозе.

Метилметионинсульфония хлорид рассматривают как перспективное средство от ожирения. Он также активирует деление кожных фибробластов, поэтому ускоряет заживление ран.

Влияние капустных листьев на воспаленные молочные железы кормящих матерей тоже не оставили без внимания, но в этой области исследований немного и они противоречивы. В общем, капустные листья помогают не больше, а то и меньше, чем традиционные холодные компрессы, но женщины используют их более охотно. Крем с экстрактом из капустных листьев ничем не помог. То ли выборка маленькая, то ли концентрация лечебных веществ в креме недостаточна.

Помимо свежей капусты очень популярна квашеная. Заквашивают капусту молочнокислые бактерии, живущие на листьях, преимущественно *Lactobacillus plantarum*. Это полезные бактерии-пробиотики, но, увы, ферментируя капусту, они разрушают глюкозинолаты. Специалисты нашли выход: если капусту сначала прогреть, чтобы уничтожить *L. plantarum*, а потом использовать для закваски другой вид лактобацилл, *L. paracasei*, получается продукт, содержащий много глюкозинолатов и живых пробиотических бактериальных клеток.

Капустой мало дорожат. В процессе ее переработки до 40% листьев выбрасывают или скармливают скоту. Однако эти отбросы содержат пищевые волокна и полезные вещества, их можно использовать как сырье для производства полезных добавок. Экономнее надо быть.

Н. Ручкина



Долговечный нейронный зонд

Чтобы изучать нейронные цепи, нейрофизиологам необходимы записи активности нервных клеток в течение длительного времени. Полученное знание поможет создавать новые методы лечения и интерфейсы мозг — компьютер. Жесткие и крупные силиконовые имплантаты с большим количеством датчиков собирают информацию высокого разрешения, но не могут долго оставаться в мозге, поскольку нарушают его физиологию. Гибкие и компактные сенсоры не страдают этим недостатком, но передают меньше данных.

Междисциплинарная группа исследователей из Гарвардской школы инженерии и прикладных наук имени Джона А. Полсона во главе с ее сотрудником и директором компании

Axoft Полом Ле Флошем (Paul Le Floch) разработала мягкий имплантат с десятками датчиков, помещаемый на кору головного мозга. Это биологически совместимое устройство способно в течение нескольких месяцев с миллисекундным разрешением регистрировать активность нервных клеток с точностью до одного нейрона мозга.

Чтобы преодолеть компромисс между большой скоростью передачи данных и долговечностью, исследователи обратились к фторированным эластомерам с высокими диэлектрическими характеристиками и стабильностью в биологических жидкостях. Ученые оснастили многослойные пленки эластомеров нанометровой толщины и миллиметровых размеров десятками микроэлектродов и получили зонд, который в 10 тысяч раз мягче обычных зондов из пластика вроде полиимида. Новые зонды более года сохраняли работоспособность

в физиологических растворах. При этом зонды на основе эластомеров такие же гибкие, как и живые ткани мозга.

На опытах с мышами датчики в течение нескольких месяцев записывали нейронную информацию в головном и спинном мозге мышей, не нарушая их поведения. Ученые выяснили, что имплантаты гораздо менее подвержены отторжению, чем пластики. Исследование опубликовано в журнале *Nature Nanotechnology*.

Универсальное свойство нейроволн

Человеческий мозг состоит из миллиардов нейронов, каждый из которых имеет свой собственный электрический режим работы. Группы нейронов генерируют электрические колебания, волны моз-

га с различной частотой. Известно, что высокочастотные ритмы связаны с кодированием и извлечением сенсорной информации, а низкочастотные ритмы действуют как механизм контроля, который определяет, какую информацию следует считывать из рабочей памяти.

Кора головного мозга также место мышления, планирования и высокоуровневой обработки эмоций и сенсорной информации. У всех млекопитающих нейроны, участвующие в этой деятельности, расположены в шесть слоев. Каждый слой имеет собственные типы клеток и связей с другими областями мозга. Исследователи мозга обычно игнорируют разделение на слои и регистрируют суммарную активность нейронов. Да и запись возбуждения разных слоев коры затруднена, поскольку толщина каждого слоя менее миллиметра.

Команда нейрофизиологов под руководством профессора кафедры психологии Университета Вандербильта Андре Бастоса (André M. Bastos) проанализировала 14 различных областей коры головного мозга у четырех видов млекопитающих. Опыты также включали записи электрической активности мозга трех больных, которым для предстоящей хирургической операции в мозг ввели электроды.

В опытах ученые регистрировали данные всех слоев, которые затем обрабатывали с помощью алгоритмов, выделяющих сигналы каждого слоя. Для разных частей коры исследователи обнаружили универсальное явление: в самых верхних слоях нейронов преобладают быстрые гамма-волны, в нижних — более медленные колебания альфа- и бета-волн.

Результаты подтверждают представления о том, что анатомическая организация мозга помогает ему включать новую информацию, переносимую высокочастотными колебаниями, в уже существующие представления и память, поддерживаемые низкочастотными колебаниями. Включение происходит по мере того, как информация переходит от слоя к слою. По-видимому, поверхностные слои коры преимущественно представляют внешнюю сенсорную информацию, глубокие слои — вну-

тренние когнитивные состояния, а кора имеет механизмы отделения внешней информации от внутренней.

Ученые отмечают, что гармоничный баланс между послышной передачей сигналов в коре сверху вниз и снизу вверх необходим для всего, что она делает. При его нарушениях возникает широкий набор психических расстройств. Дисбаланс между колебаниями разных частот может привести к дефициту внимания и гиперактивности, когда преобладают высокие частоты и поступает слишком много сенсорной информации. При бредовых расстройствах и шизофрении преобладают низкочастотные колебания и недостаточно сенсорной информации. Избыточно синхронная нейронная активность связана с эпилепсией.

Нейрофизиологи подозревают, что патологии синхронности способствуют многим другим расстройствам мозга, включая нарушения восприятия, внимания, памяти и моторного контроля. Сейчас исследователи изучают, может ли измерение колебаний помочь в диагностике нервных расстройств, а также как изменение баланса колебаний может трансформировать поведение больного при лечении. Статья об исследовании опубликована в журнале *Nature Neuroscience*.

Цветовое зрение органоидов глаза

Зеленые и красные колбочки, специализированные светочувствительные клетки позволяют людям видеть миллионы цветов. Этого не могут собаки, кошки и другие млекопитающие. Красный сенсор развивается только у людей с нормальным зрением и у близкородственных приматов.

Ученые десятилетиями считали, что колбочки образуются случайно, что клетки бессистемно выбирают специализацию — красную или зеленую, хотя существовало подозрение, что этот процесс могут контролировать гормоны щитовидной железы. Светочувствительные клетки глаза удивительно похожи, за исключени-

ем белка опсина, который распознает цвет и сообщает о нем мозгу. Разные опсины определяют, станет ли колбочка зеленым или красным сенсором, хотя гены сенсоров общие на 96%.

Органоиды сетчатки глаза впервые позволили ученым под руководством профессора биологии Роберта Джонстона (Robert J. Johnston) из Университета Джона Хопкинса детально изучить эти явления. Ученые выявили тонкие генетические различия в органоидах и проследили за изменением соотношения светочувствительных клеток в течение 200 дней. Оказалось, что высокий уровень ретиновой кислоты на ранних стадиях развития органоида связан с более высокой долей зеленых колбочек в сетчатке. Аналогично низкий уровень кислоты изменял генетические инструкции так, что на более поздних этапах развития органоида появлялись красные колбочки. Таким образом молекула производной витамина А определяла вид колбочки.

Роберт Джонстон говорит, что, возможно, здесь присутствует некоторая случайность. Но главный вывод исследования заключается в том, что ретиновая кислота вырабатывается на самых ранних этапах развития колбочек. Ученые могут контролировать ее содержание, а значит, менять соотношение зеленых и красных сенсорных клеток. Исследователи также составили карты соотношений двух видов колбочек для сетчаток глаз 700 взрослых людей. Удивительным открытием стало то, насколько сильно изменяется пропорция разных колбочек. Почему она не влияет на зрение человека, пока неясно.

Ученые считают, что они на пути к выяснению механизмов дальтонизма, возрастной потери зрения и других заболеваний, связанных с фоторецепторными клетками. Биологи надеются помочь людям с дегенерацией центра сетчатки и другими проблемами зрения. Профессор Джонстон отмечает, что для этого могут пригодиться различные виды колбочек, которые его группа умеет выращивать. Статью об исследовании опубликовал журнал *PLOS Biology*.

Диагностика неявных травм мозга

Большинство травм головы, а именно 70–90%, медики относят к категории легких, поэтому они часто остаются незамеченными, а подавляющее большинство перенесших их людей никогда не получают правильного диагноза. Легкие травмы не видны на рентгене и стандартных МРТ-изображениях, однако их последствия могут длиться годами. Такие сотрясения увеличивают риск разных неврологических нарушений, в том числе депрессий, деменций и болезни Паркинсона. Некоторые медики считают, что повторные легкие травмы могут вести к хронической энцефалопатии. Это заболевание, например, поражает более 90% профессиональных игроков в американском футболе.

Сотрудники лаборатории профессора Гарвардского университета Самира Митраготри (Samir Mitragotri) предположили, что последствия травм вызваны невидимым воспалением мозга, и создали метод его выявления. Он основан на способности иммунных клеток перемещаться к месту воспаления. К макрофагам, которые проникают в мозг в ответ на воспаление, ученые прикрепили покрытые гидрогелем частицы редкоземельного металла гадолиния, генерирующего сильный магниторезонансный сигнал.

Известно, что контрастные вещества на основе гадолиния могут быть опасны. опыты на мышах показали, что новое вещество, частицы гадолиния в оболочке из гидрогеля, не накапливается в их почках и более суток сохраняется в организме без побочных эффектов. Возможности метода изучали на экспериментальных животных — свиньях. опыты показали, что метод действительно указывает на наличие воспаления в мозге, но не позволяет определить место его локализации.

Интересно, что контраста на снимках можно добиться при дозе гадолиния в 500–1000 раз меньшей, чем для других контрастных ве-

ществ. Это позволит использовать метод диагностики воспаления в мозге для почечных больных и пациентов, которые не переносят другие вещества.

Исследователи подали патентную заявку и намерены провести клинические испытания метода. Самир Митраготри уверен в его высокой эффективности, особенно в сочетании с другими способами диагностики воспалений мозга. Статья об исследовании опубликована в журнале *Science Translational Medicine*.

Языки меняют цвета

Глаз человека воспринимает миллион цветов, но слов в языке для них значительно меньше. Базовые цвета сильно меняются от языка к языку. В речи развитых стран обычно более десятка основных цветов. Например, в английском — черный, белый, красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, пурпурный, коричневый, розовый и серый. Испанцы добавляют к ним голубой. Изолированные языки зачастую различают вдвое меньше цветов. Так, боливийские индейцы Чимане используют три основных цвета — черный, белый и красный. У них много слов, определяющих оттенки желтого и коричневого.

Поскольку понятия о цвете рознятся от языка к языку, психолингвистам интересно их взаимовлияние в одной голове. В голове человека, говорящего на нескольких языках. За изучение этого взялись ученые Массачусетского технологического института под руководством профессора когнитивных наук Эдварда Гибсона (Edward Gibson). Они задались вопросом, изменяются ли представления о цвете у коренных боливийцев, живущих в Амазонии и говорящих на языке Чимане, если они владеют еще и испанским. Язык индейцев предоставляет уникальную возможность выяснить этот вопрос потому, что в нем, в противоположность испанскому, нет различия между зеленым и синим цветами. Здесь они оба обозначаются двумя синонимами.

Исследователи попросили 30 взрослых индейцев, владеющих двумя языками, и 71 не владеющего выполнить два различных задания. В первом задании всем последовательно показали карточки 84 различных цветов и предложили назвать их. Во втором — показывали сразу все карточки и предлагали сгруппировать их по цветам. Билингвы выполняли задания на двух языках.

Ученые выяснили, что билингвы классифицируют цвета, как испанцы. Однако эти индейцы не заимствуют испанские слова, просто бывшие синонимы их родного языка перестают быть таковыми. Теперь в их речи один из синонимов обозначает синий цвет, другой — зеленый. Ученые также заметили, что билингвы становятся более точными и в описании таких цветов, как желтый и красный, оттенки которых язык Чимане классифицирует подробнее испанского.

Таким образом, исследование показало, что знание другого языка способно расширить представление о цвете — двуязычные индейцы начали различать синий и зеленый с помощью слов родного языка. Это свидетельствует о том, что языковые концепции не заимствуются, а адаптируются. Ученые предполагают, что все Чимане в будущем станут обозначать синий и зеленый разными словами. Такое обогащение еще и практично, так как позволит индейцам рассчитывать на более оплачиваемую работу.

Исследователи также планируют выяснить, как между двумя языками распространяется представления о времени и концепции языковых времен, а также надеются повторить свои цветовые исследования на других языках, например гималайских. Исследование опубликовано в журнале *Psychological Science*.

Выпуск подготовил
И. Иванов



Спросите учителя

Кандидат химических наук
В.М. Хуторецкий

Небо, свет и цвет

*Свет, как первый шаг в создании мира, открывает
нам через цвет его живую душу.*

Иоханнес Иттен «Искусство цвета»

Почемучки уже в 3–5 лет задают вопросы типа «Почему в море вода соленая? Почему листья зеленые?» И конечно — «А почему небо синее?» А этот вопрос влечет за собой другой, куда более сложный — «Что такое цвет?»

Космическое пространство, в котором нет молекул, выглядит черным, не считая точек-звезд, поскольку, если в глаза не попадает свет, мы видим черноту, отсутствие света. Окружающая нас на Земле атмосфера, воздух, состоит из прозрачных для видимого света (бесцветных) газов. Это не значит, что он совсем не взаимодействует с любым проходящим через него

светом. Как мы уже знаем (ХиЖ, 2024, № 1), некоторые его компоненты (озон и кислород) почти полностью поглощают ультрафиолетовый свет (УФ) и частично (парниковые газы) рассеивают, меняют направление инфракрасного (ИК).

Когда фотон видимого света сталкивается с молекулой газа, то лучше бы говорить «взаимодействует», поскольку размер молекулы составляет около 0,001 от длины волны света. Но в квантовом мире размеры вполне условное понятие. При этом взаимодействии молекула (с какой-то долей вероятности) поглощает квант света, а затем вновь его испускает, но уже в

произвольном направлении. Однако вероятность поглощения различных частот видимого света совсем не одинакова — более высокочастотные поглощаются чаще.

В результате длинноволновая часть видимого нами света (красного, оранжевого, желтого) проходит через окружающую Землю атмосферу с небольшим ослаблением, тогда как голубой, синий и фиолетовый свет заметно рассеиваются. Более того, интенсивность рассеяния зависит от длины волны в 4-й степени! Это означает, что поскольку длины волн на границах видимого диапазона света отличаются примерно в два раза, то интенсивность рассеяния фиолетовой части спектра в 16 раз выше, чем красной. Свет, который излучается, имеет ту же длину волны, как и тот, который был поглощен, но он приходит нам в глаза со всех открытых участков неба. Это называется рэлеевским рассеянием — по имени физика лорда Рэля, открывшего его еще в 1871 году.

Казалось бы, в соответствии с этим небо должно быть фиолетовым. Однако, во-первых, количество фиолетового света в солнечном свете на входе в атмосферу значительно меньше, чем синего и зеленого, и во-вторых, наши глаза более чувствительны к синему свету, чем к фиолетовому. Так и получается, что небо над нами от синего до голубого цвета. Собственно, сейчас, с довольно частыми полетами выше стратосферы, уже известно, что в верхних слоях атмосферы небо действительно фиолетовое — небольшой слой атмосферы успевает заметно рассеять только самое коротковолновое излучение, а с уменьшением высоты небо становится более синим — это можно наблюдать при полете и на самолете. И наоборот, если взглянуть с земли прямо на солнце, то свет более длинных волн, которые не рассеялись (красный и желтый), становится более заметным, что придает самому солнцу желтоватый оттенок. Если смотреть в космосе, небо — черное, а солнце — белое.

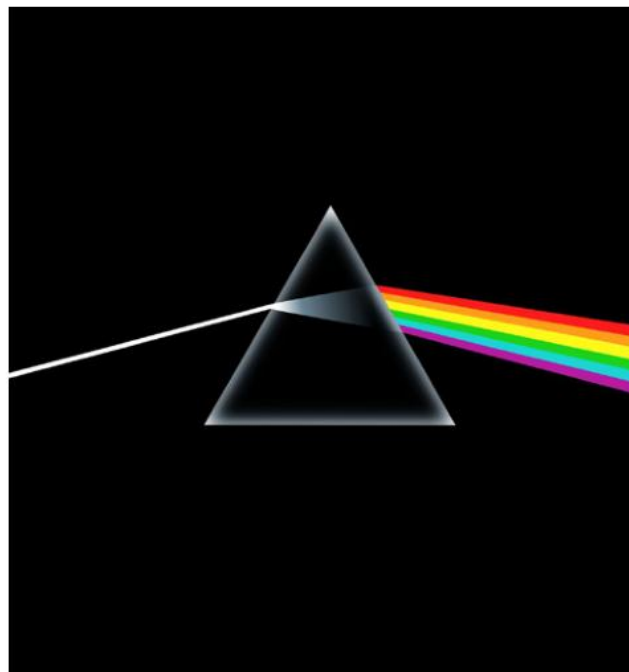
Рассеянием света объясняется богатство и переменчивость красок на заре. Во время заката и рассвета свет проходит гораздо больший путь в атмосфере по касательной к земной поверхности, нежели днем, ближе к вертикали. На более длинном пути уже сказывается рэлеевское рассеяние и более длинных волн. Поэтому на закате, по мере опускания солнечного диска за линию горизонта, до нас доходят только все более длинноволновые лучи, и окраска неба в месте заката постепенно меняется сверху вниз от желтой к оранжевой и к все более красной. На рассвете все происходит в обратном порядке. Оттенки раскраски зорь зависят также от наличия или отсутствия мелких частиц в воздухе, так что цвета заката обычно более яркие, чем цвета восхода: вечерний воздух содержит больше различных взвешенных частиц, чем утренний.

Радуга! Кто же не радовался, завидев это чудо! Радуга обычно образуется после дождя, хотя она бывает и на каплях воды от тумана, брызг водопада или росы

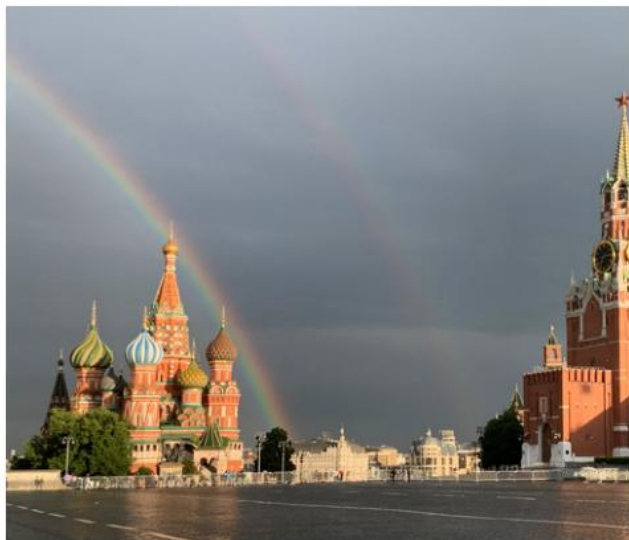
в воздухе. Радуга — это оптическая иллюзия: на самом деле она не существует в определенном месте на небе. Чтобы ее увидеть, нужно встать спиной к солнцу. Физика этого явления известна и состоит из многих компонентов. Главные из них — это дисперсия, то есть разложение света на цвета при прохождении света через вещество, и преломление, то есть изменение направления распространения волны при прохождении из одной среды в другую.

Преломление света на границе двух сред вызвано различием скорости света в воздухе и в более плотной среде, что обусловлено зависимостью скорости света в веществе от длины волны. В вакууме свет любой длины волны движется с единой постоянной скоростью, в любых других средах он замедляется, но по-разному. Среду характеризуют по коэффициенту преломления, который измеряют на одной стандартной длине волны. Для стекол с переменным составом его значение 1,50–1,54, для воды — 1,333, для воздуха — 1,00024.

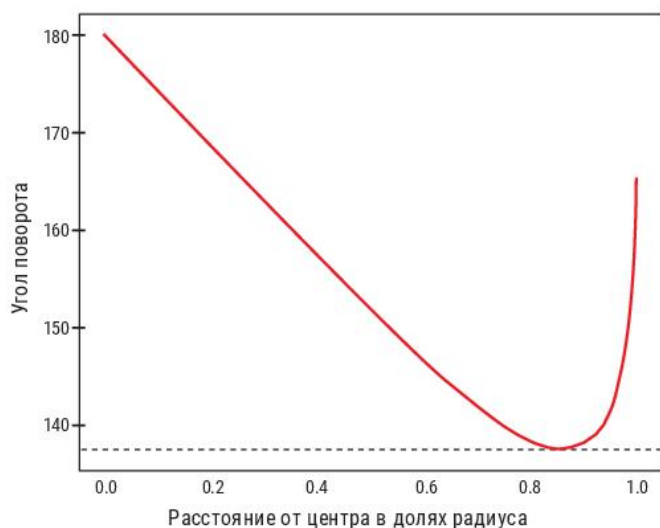
Классический опыт Ньютона по расщеплению (дисперсии) солнечного света в стеклянной призме в спектр мало того что входит в ЕГЭ, он еще и просто красив. Поэтому мы зачастую встречаем его в нашей обыденной жизни: на майках прохожих или например, обложке альбома «Темная сторона Луны» группы Пинк Флойд. В нем луч солнечного света, состоящий из фракций с разными длинами волн, преломляется на границе сред воздух/стекло/воздух под заметно разными углами. Несколько менее сильно он преломляется на границе воздуха с водой.



▲ Преломление солнечного луча при прохождении через стеклянную призму (опыт Ньютона) на обложке альбома Пинк Флойд



▲ Двойная радуга над Красной площадью



▲ Угол поворота солнечного луча в круглой капле в зависимости от расстояния от центра

Другое важное для образования радуги явление — отражение. Все мы в детстве «ловили» маленьким зеркальцем солнце так, чтобы послать его зайчик в нужном направлении. Угол падения равен углу отражения — многие открывали эту истину еще до уроков физики. Движение света внутри прозрачной сферы (капля воды) соединяет преломление и отражение. Солнечный свет проходит через границу воздух/вода внутрь круглых капель, где скорость света заметно меньше и различна для разных длин волн — это преломление. Затем эти разноцветные лучи сталкиваются с внутренней стенкой капли, то есть новой границей сред, частично отражаются от нее, и только после этого оставшаяся часть света выходит из водяного плена (еще одно преломление) и попадает к наблюдателю. Другая часть проходит или насквозь, или претерпевает еще один цикл отражений

и может образовать вторую, более слабую радугу. Таких отражений может быть и больше, но их мы обычно уже не видим, хотя есть документальные свидетельства и пятерной радуги.

Это еще не все. На самом деле, чтобы понять радугу, нужно учитывать, как именно отражается свет в капле. Луч, идущий по ее диаметру прямо от солнца, отразится обратно в том же направлении, на 180° . Но вообще поток света, падающий на заднюю поверхность капли (сферическое зеркало), рассеивается неравномерно. Параллельные лучи, которые идут ниже или выше, слева или справа от луча, проходящего через центр капли, отражаются под углами, зависящими от расстояния до этого луча. Это происходит потому, что краевые части сферического зеркала отражают поток света от солнца под меньшими углами, чем близкие к центру. Зависимость эта не монотонная, она имеет гладкий минимум вблизи 138° (см. рис.). Вот именно эта небольшая часть лучей и создает радугу.

Значения этого угла немного различаются для лучей разного цвета: короткие волны отклоняются больше. Лучи от разных капель образуют конус с вершиной в зрачке наблюдателя, осью, проходящей через наблюдателя и солнце, и углом при вершине $40\text{--}42^\circ$. Таким образом, радуга всегда окружность, вот только видим мы лишь ее часть — дугу. Если эту самую воображаемую ось от всех капель к глазу наблюдателя сильно поднять над Землей, то можно увидеть и весь круг. Для этого достаточно наблюдателю подняться на высокую гору или взлететь на самолете или аэростате. Чем ниже Солнце над горизонтом, тем ближе дуга к половине окружности, а высота вершины радуги над землей — к углу $(180^\circ - 138^\circ) 42^\circ$. И наоборот, если Солнце стоит высоко, то радуга «уходит за горизонт» и может быть совсем не видна с поверхности. Отсюда часто повторяющееся в литературе упоминание о том, что высшая точка радуги для человека, стоящего на равнине, видна под углом $40\text{--}42^\circ$.

Если свет не выходит из капли с первого раза, это может произойти со второй попытки, но угол, под которым будет видна более слабая дуга двойной радуги, станет больше, приблизительно 51° . В первичной радуге красный цвет находится снаружи дуги, во вторичной — наоборот.

Поскольку капли тумана много меньше, чем дождевые, преломление в них куда менее отчетливое, и «туманная» радуга выглядит скорее как легкая красная и синяя подсветки. Есть много других красивых атмосферных явлений (сверкающий иней, гало, «зеленый луч», миражи, северные сияния), но нельзя объять необъятное.

Все, о чем мы здесь говорили, связано со светом и цветом. Давайте теперь определимся с различием между светом и цветом. Свет — это электромагнитное излучение, которое способен чувствовать человеческий глаз. Оно лежит в промежутке длин волн (или обратной им величины — частот колебания волн) между невидимым инфракрасным и ультрафиолетовым.

димыми для человека УФ- и ИК-излучениями. Многие животные способны воспринимать свет с более высокой (УФ) и более низкой (ИК) частотой, чем человек.

А цвет — это качественная характеристика света, которая определяется на основании физиологического (субъективного!) зрительного ощущения, зависящая от некоторых физических, физиологических и психологических факторов. Это важно, например, для промышленного дизайна: трубопроводы и арматуру с опасными газами окрашивают в более яркие отличительные цвета. Самый понятный пример — цвета светофора: они ведь выбраны не случайно. Красный психологически воспринимается нами как опасность, желтый — как цвет концентрации внимания, а зеленый — самый благоприятный для глаз, расслабляющий и разрешающий.

Есть люди, у которых физиология восприятия цвета нарушена, например — дальтоники, не различающие один или несколько цветов основного спектра — синий, красный, зеленый. Столь же субъективно мы воспринимаем и небо Земли. Если мы видим его синим, то это еще и потому, что так устроены наши глаза и мозг: они гораздо более чувствительны к длинам волн зеленого и синего цвета, чем к фиолетовым. Инопланетянин с другим устройством зрения, вероятно, увидит атмосферу Земли с более фиолетовым оттенком.

Есть объекты, которые сами испускают свет, — мы воспринимаем его как окраску: фейерверки; в химии — качественный анализ в пламени горелки (желтый — натрий, фиолетовый — калий, карминово-красный — стронций и т.п.). «Неоновые», как зачастую называют все газоразрядные лампы, светятся своим светом в зависимости от того, каким газом они заполнены. Но таких объектов не так уж много, не они определяют нашу повседневность. Их свечение объясняется возвращением в основное состояние возбужденных (нагревом или электроэнергией) электронов, при котором испускается свет строго определенного законами квантования вида. Его длину волны можно измерить приборами — спектрометрами, а наши глаза воспринимают его как свет конкретного цвета.

В быту нас, как правило, окружают предметы, которые сами свет не создают, они его отражают. Их яркость, цвет и все нюансы окраски обусловлены тем, какую долю падающего на них света эти предметы отражают, а какую — поглощают. Биофизический процесс, в котором отражение света объектом воспринимается мозгом, и есть его цвет. Общее определение Шрёдингера: «Цвет — это общее свойство света различного спектрального состава вызывать одинаковое зрительное ощущение» — годится только в заданных лабораторных обстоятельствах. Цвет материального объекта — это результат вычитания из полной линейки видимого света (380–780 нм) тех видов света, которые он не поглощает. Чтобы увидеть цвет, нужен свет, предполагается — белый, но это не всегда так, и цвет объекта от этого может меняться.

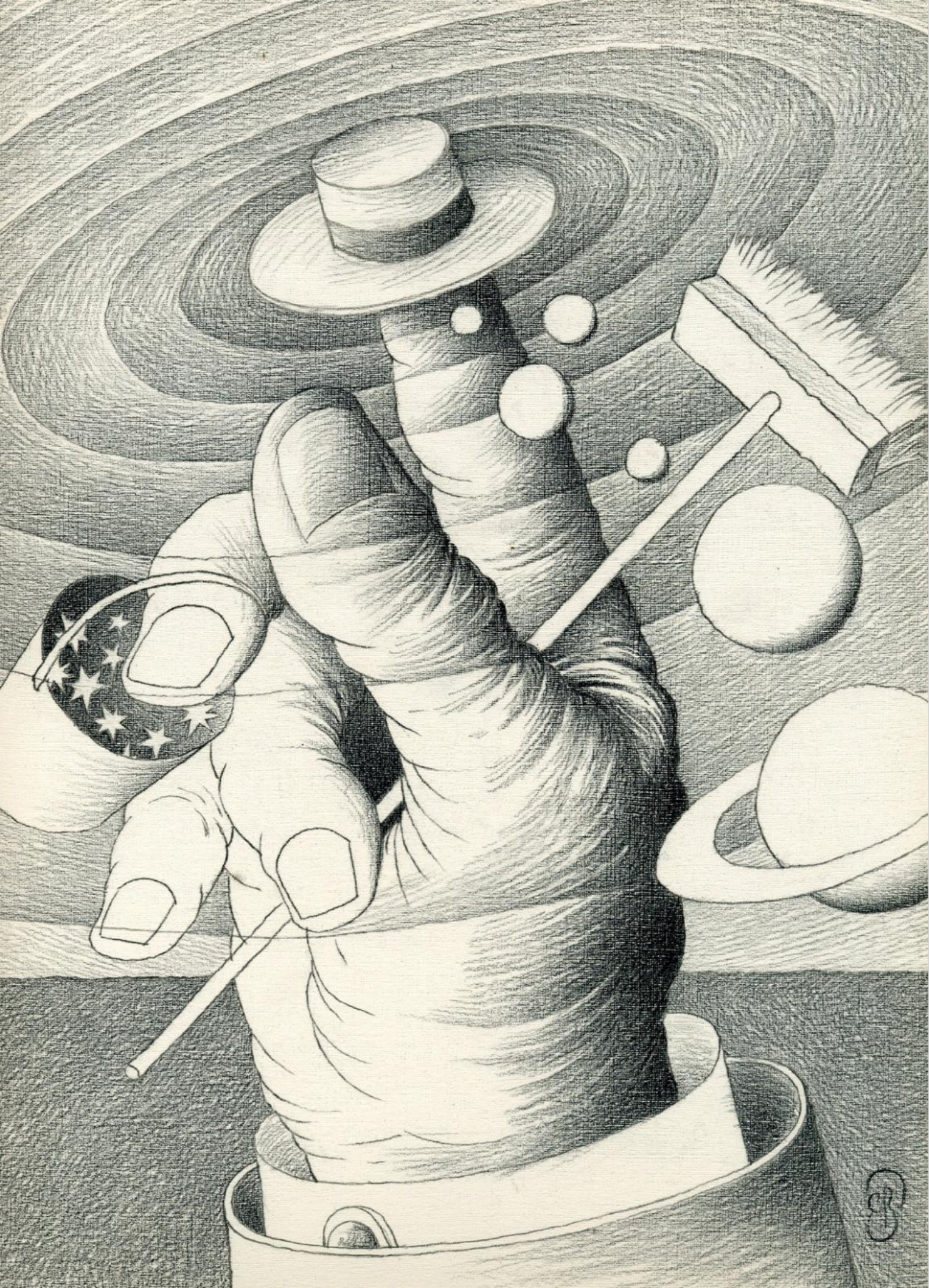
Можно взять три источника белого света, поставить перед ними цветные светофильтры и получить окрашенные лучи. Если на экране свести вместе красный, зеленый и синий лучи таких проекторов, то получится белый свет. Современный эмиссионный экран в мониторах и ТВ создает цветное изображение свечением квантовых точек (нобелевская премия по химии 2023 г.), которые испускают свой собственный свет по той же аддитивной модели RGB (red, green, blue). У этого есть физиологическая основа: в человеческом глазе имеется два вида светочувствительных элементов — палочки и колбочки. Если палочки видят в сером свете и заняты распознаванием формы, движения и ночным видением, то колбочки, которых гораздо меньше, ответственны за различение цветов. Колбочки бывают трех видов, чувствительность которых к разным длинам волн света частично перекрывается, но в максимумах довольно близка к RGB-цветам.

Понятно, что принтер не может печатать в RGB чисто физически: он ничего не излучает. Поэтому в неэмиссионной системе (например, для печатания цветных иллюстраций в книгах и журналах) используют субтрактивные цвета, противоположные в нашем восприятии красному, зеленому и синему, то есть голубой, пурпурный и желтый (CMY — cyan, magenta, yellow). Когда эти цвета смешиваются на белой бумаге в равной пропорции, получается черный цвет. Точнее, должен бы получиться черный цвет. В действительности типографские краски поглощают свет не полностью, и поэтому комбинация трех основных цветов выглядит темно-коричневой. Чтобы это исправить, в полиграфии к ним добавляют немного черной краски. Систему цветов, основанную на таком процессе в четырехцветной печати, принято обозначать аббревиатурой CMYK (ЦМИК).

В живописи идея примерно такая же: смесь красок разного цвета (то есть поглощающих всё, кроме отражаемого ими цвета) дает новый оттенок, а черная краска поглощает весь свет. Гамма от черного до белого через оттенки серого (смесь черной и белой красок) представляет собой ахроматические цвета. Все остальные отчетливые, различимые цвета называются хроматическими.

В смешанном цвете мы не можем увидеть отдельные его составляющие. В этом отношении глаз отличается от музыкального уха, которое может выделить любой из звуков аккорда. Художникам (в самом широком смысле этого слова — дизайнерам, столярам, модельерам...) важно в этом разбираться. Здесь поможет неувядающая книга, скорее даже учебное пособие (всего 52–56 стр.) Иоганнеса Иттена «Искусство цвета». Оно впервые вышло в 1961 году, только на русском языке издавалось уже девять раз начиная с 1999 года, и его легко найти в интернете.

Мы многое знаем о свете, но цвет остается искусством. Чувства — материя тонкая: там, где один видит набор цветных пятен, другой видит шедевр.



Арина Машкина

Иллюстрация Сергея Дергачева

Игра для начинающих

«ДОРОГОЙ ДРУГ,
поздравляем с приобретением твоего первого набора
для создания мира!

Наша игра сделана из экологически чистых материалов с использованием классических технологий и рекомендована Ассоциацией профессиональных демиургов.

В коробке ты найдешь:

10 планет и орбиты для них;

1 мощную звезду, которая станет источником тепла и света для твоего мира (установочный патрон с гравитационным генератором прилагается);

666 +/- 6 небесных тел декоративного предназначения (звездная мелочь, метеориты, астероиды и др.);

1 черную дыру;

1 баллон с атмосферной жидкостью (осторожно: баллон под давлением!);

1 бутылку с растительным концентратом;

10 пробирок с живыми культурами;

1 справочник по техническим основам Мироздания;

1 пульт дистанционного управления.

Порядок сборки

Положи патрон для звезды в центре мироздания.

Расположи орбиты по стандартной схеме и укрепи на них планеты.

Включи гравитационное поле с помощью синей кнопки на пульте управления.

Сними защитную пленку и прикрепи черную дыру в любом свободном участке пространства. Помни, это самый важный элемент: именно установка черной дыры запускает жизненный цикл собранного тобой мира!

Убедись, что красный тумблер на пульте находится в положении «Выкл.», и вкрути звезду в патрон.

Активируй звезду, переведя красный тумблер на пульте в положение «Вкл.».

Возьми баллон, с помощью распылителя нанеси атмосферу толстым слоем на каждую планету и сделай перерыв на несколько часов.

Нанеси на все планеты растительный концентрат и снова сделай перерыв.

Аккуратно вылей пробирки, по одной на каждую из планет.

Равномерно распредели по миру декоративные элементы для украшения.

Мы надеемся, что наша игра доставит тебе удовольствие! Обрати внимание и на другие наборы по созданию миров — для демиургов продвинутого уровня и для демиургов-профи.

Приобретай игры только у официальных дилеров — это гарантирует качество и безопасность игры. При покупке обязательно проверь наличие лицензионной голограммы в виде бозона Хиггса!»

Генеральный директор фабрики по производству развивающих игр и наборов для творчества дочитал жизнерадостную инструкцию, взглянул на свою подпись под текстом, смял листик и отбросил его. Хмуро проследил, как мятый комок упал и покатился в сторону мусорной корзины, а когда тот остановился, снова перевел взгляд на коробку, лежащую на столе. На крышке сверкала надпись: «НОВИНКА! Стань демиургом — создай свой мир», под ней поблескивали набранные мелким шрифтом слова: «Игра для начинающих». На боковых сторонах коробки красовался рекламный слоган всей демиурговой серии: «Мироздание своими руками!».

Директору никак не удавалось сосредоточиться — перед глазами снова и снова вставала неприятная сцена, случившаяся в его кабинете несколько минут назад. Он рассматривал оптимистичные графики роста продаж, когда дверь без стука открылась. Незнакомая женщина с объемной коробкой в руках решительно направилась к нему.

— Здравсьте, — начала она с порога. — Я на минуточку! Начальник маркетинга от меня прячется, ну так я вам говорю: я ухожу!

— Прячется... — повторил директор, пытаясь вспомнить, где он мог видеть ее лицо, и немного завидуя способности начальника отдела маркетинга вовремя исчезать.

— Говорит, нечего преувеличивать. А я говорю, добром эти ваши новомодные штучки не кончатся!

Делали бы, как раньше, наборы для опытов — никто ведь не жаловался! А теперь что? Покупатели каждый день скандалят!

— Ах, покупатели... — директор наконец узнал продавщицу, работавшую в магазине при фабрике.

— А это вам, — она грохнула коробку на стол, — сувенир, так сказать. Чтоб не думали, что я наговариваю!

Продавщица бросила рядом с коробкой связку ключей и так же решительно вышла.

Директор потряс головой, отгоняя неприятное видение, и снова попытался сконцентрировать внимание на коробке.

— Ну, чего я теряю, собственно говоря, — пробормotal он. — Мне, конечно, совершенно не интересно, отчего она решила уйти. Но почему бы не испытать свой товар? Назовем это проверкой качества... Набор для начинающих — трудно не будет... Вдруг мне даже понравится? А если при сборке обнаружатся недочеты — тем лучше: будет повод принять меры по повышению качества продукции. Мы назовем это «Улучшенной версией»!

Директор снял крышку и вытряхнул содержимое коробки на стол. Поморщился при виде внушительного вороха разнокалиберных упаковок и принялся их открывать.

— Надо делать прозрачные пакеты, чтобы начинать видно было... Планеты... раз... два... десять штук... Проволока?.. Нет, это орбиты... Вот, скрутили в моток, они теперь кривые будут... Звезда... одна штука... Вот звезда... Бутылка... Еще бутылка... Или нет, не бутылка, кажется, это баллон... Зачем упаковывать, он небьющийся... Пульт...

Пакет, в котором прощупывалась звездная мелочь, директор отложил в сторону.

— Это потом. Пробирки... куда делись пробирки? И еще справочник...

Пробирки не вывалились, потому что были прикреплены клейкой лентой. Справочник тоже прилип к ленте и оторвался, оставив на ней часть обложки.

— Должно быть что-то еще, — директор подобрал инструкцию, расправил и снова начал изучать состав набора: — Вот, я же говорю. Еще ведь должна быть черная дыра.

Он откатил планеты в сторону, потряс перевернутую коробку, приподнял крышку, заглянул под стол — дыры не было.

— Придется проверять качество некомплектного набора... Вот что бывает, когда покупаешь игрушки где попало! — иронично пробормotal он себе под нос и перелистал справочник: — Так... планеты... гравитация... звезда... черная дыра... и — включаю!

Решив не заморачиваться неведомой ему стандартной схемой, директор разложил орбиту самого большого диаметра вокруг патрона и нацепил на нее все десять планет. Отступил назад, оценивающим взглядом посмотрел со стороны — картина уютного компактного мира ему очень понравилась.

— Ну что же, посмотрится хорошо. Только что ж все лежит? Ах да, синяя кнопка!

Он нажал кнопку на пульте, и с легким гудением свежесобранное мироздание воспарило над столом. Не выдержавшая нагрузки орбита лопнула, и планеты, весело простучав по столу, покатались на пол.

Директор торопливо выключил гравитацию и опустился на четвереньки.

— ...Семь, восемь, девять... — Десятый шарик разбился вдребезги.

Директор снова взял в руки справочник: «В наборе для начинающих демиургов реализуется исключительно стандартная схема, при которой планеты обращаются вокруг звезды по концентрическим орбитам».

Директор глубоко вдохнул, выдохнул и сказал сам себе:

— Спокойно. Это просто. Есть порядок, и нужно его соблюдать.

Он разложил девять орбит, начиная с самой маленькой, раскидал по ним планеты и вспомнил про черную дыру — вернее, про ее отсутствие: «...именно установка черной дыры запускает жизненный цикл собранного мира...»

Директор нахмурился. Он-то отлично знал, что наборы для начинающих и для продвинутых демиургов комплектовались черными дырами по другим причинам: черные дыры служили автоматическими ликвидаторами миров. Профи недоделками не грешили — они создавали совершенный мир или же сами уничтожали дело рук своих в приступе перфекционизма. Но аннигиляция поделок, созданных дилетантами и любителями, была совершенно необходима. С одной стороны, дело было в деньгах: фабрике грозили крупные штрафы, если ее продукция будет загрязнять окружающую среду потенциальными загрязнителями окружающей среды. С другой стороны, дело снова было в деньгах: оплавав стартовое мироздание, начинающие демиурги покупали себе новую игрушку — уже гораздо дороже. В общем, не физические законы, а финансовые соображения делали установку черной дыры обязательным условием при создании нового мира. Проблема состояла в том, что директор понятия не имел о механизме, обеспечивающем эту функциональность.

— Надо поговорить с проектировщиками — пусть расскажут, как обойти защиту. Впрочем... я ведь не начинающий демиург, я их начальник. Чего доброго, засмеют... — директор поморщился, обошел стол, размышляя вслух: — Вот если бы я проектировал эту игрушку, какой механизм защиты от неполной сборки я бы установил? Измеритель гравитационных полей? Это дорого. Счетчик количества элементов? Дешевле, но его здесь нет... Должно быть что-то максимально простое... Вот если бы я был проектировщиком...

Директор застыл на месте — жизненный опыт и знание бюджета подсказали ему ответ:

— Здесь. Нет. Никакой. Защиты... — Он прислушался к звучанию этих слов и кивнул.

Сомнений не было — единственной гарантией установки черной дыры была фраза в инструкции, которая авторитетно заявляла о такой необходимости.

— Во всем есть свои плюсы, — пожал плечами директор. — Это не самый эффективный способ, зато самый дешевый. Значит, можно продолжать.

Он ткнул синюю кнопку и с некоторым нетерпением вкрутил звезду на законное место в центре мироздания — она сразу же ослепительно вспыхнула, заставив директора шарахнуться в сторону.

— Выкл!.. Выкл!.. Выключить сначала надо было, а потом в коробку класть! — досада на себя и злость на нерадивых упаковщиков вырвались наружу.

Перед глазами плыли яркие пятна. На всякий случай он зажмурился и стоял так, пока не услышал знакомый перестук. Директор с возмущением широко открыл глаза и, ойкнув, снова зажмурился, на шаривая пульт вслепую.

— Это какая-то нерегламентированная звезда!

Звезда не просто сияла — она извергала такие мощные протуберанцы, что изрядно подпалила две ближайšie к ней планеты. Окольные участники мироздания почему-то опять разбежались по полу.

— Возможно, при установленной черной дыре этого безобразия не случается, — директор никак не мог сообразить, может ли дыра поглощать излишки звездной активности. — Все-таки нужно поговорить с проектировщиками. Нужна дополнительная защита! То есть не дополнительная, конечно, а вообще защита, — поправил он себя, вздохнул и снова опустился на пол.

В этот момент кто-то пару раз стукнул в дверь и, не дожидаясь ответа, открыл ее. На директора с порога уставился старый уборщик.

— В чем дело? — холодно осведомился директор. — Я занят, разве не видно?

— Я... это... я за мусором... убрать, сталбыть, надо... — уборщик с трудом подбирая слова, разглядывая стоявшего на четвереньках директора.

— Значит, так, — директор поднялся на ноги. — Я провожу проверку качества продукции. Идет эксперимент, понятно? Ничего тут не трогать и вообще — входить запрещается!

Старик молча кивнул и, не отрывая глаз от директора, немного отступил назад в коридор.

— Свободен, — с нажимом сказал директор и смотрел в упор на уборщика, пока тот не закрыл дверь.

Наклоняясь и возмущенно поглядывая на дверь, директор собрал с пола планеты. Покосившись в справочнике на стандартную схему, поднял порванную орбиту и связал ее узлом. Подобрал осколки, распределил их вдоль орбиты и слегка потряс — они держались крепко и не осыпались. Но когда директор попытался пристроить это вторсырье вокруг звезды, орбиты дальних планет угрожающе завибрировали, и

два самых больших шарика, не удержавшись, снова обвалились.

Постепенно выяснилось, что созданный им мир сохранял устойчивость, только если кольцо осколков находилось на пятой, считая от звезды, орбите. Выяснять этот необъяснимый каприз системы пришлось примитивным перебором. За время поисков равновесия планеты замусорились, и теперь вокруг них крутились песчинки и пыль, собиравшаяся в причудливые кольца.

Посмотрел в инструкцию: «Взять баллон, напылить атмосферу по планетам».

— По всем целым планетам! — директор сурово посмотрел на осколки, раздражающие своей неуместностью в мире, который хотелось сделать идеальным. — Всё, — с облегчением выдохнул он, — технологический перерыв! — И направился было к выходу, но не смог уйти дальше дивана, стоявшего у двери. Присел буквально на минутку, чтобы обдумать предстоящий разговор с проектировщиками и комплектовщиками, да так там и уснул.

Утром, едва открыв глаза, он бросился к столу. Звезда работала на удивление стабильно, планеты уверенно держались на орбитах, большинство окутывала легкая дымка.

— Самые крайние атмосферу не удержали! — с досадой вздохнул директор.

Схватил инструкцию. Следующий этап был небреженным: аккуратно распределить содержимое бутылки с растительным концентратом по планетам.

— По всем целым планетам, — мстительно повторил он, пропуская осколки. — И — перерыв!

Выбросив бутылку в мусорную корзину, директор усилием воли выгнал себя из кабинета. Он сходил в маркетинговый отдел, где объявил, что магазин при фабрике закрыт и не откроется, пока не найдут нового продавца. Оставил ключи и быстро ушел, не слушая возражений.

Зашел в цех комплектации и произнес гневную речь о том, что жизнь и здоровье начинающих демиургов находятся в их руках, и эти руки растут из... Тут он оборвал себя и вышел, не слушая вопросов, потому что об эксперименте с некомплектным набором решил пока не распространяться.

Поиск проектировщиков затянулся до тех пор, пока он не догадался заглянуть в курилку. Застигнутые врасплох жертвы не рискнули отказаться от категоричного требования до конца недели придумать несколько вариантов неизвестно чего, гарантирующего установку черных дыр.

Решив, что времени для развития растительности прошло достаточно, директор вернулся к себе и тщательно осмотрел планеты. Увиденное его огорчило: только на третьей планете что-то слабо колосилось, всем прочим растительный концентрат впрямь не пошел.

— Может, потом и на остальных что-то взойдет, — обнадеживал себя директор. — Все равно нельзя лишать их шанса на развитие жизни, — сказал он, отдирая пробирки с биокультурами от коробки.

Опять пришлось вспомнить недобрым словом упаковщиков: пробирок оказалось девять вместо десяти, причем две из них — просроченные, с помутневшим содержимым.

— Первую планету и последнюю сразу вычеркиваем. Осколки вообще не считаются. Остается семь планет и семь годных пробирок.

Аккуратно встряхивая пробирки, директор окультурил семь планет и задумался, с искушением поглядывая на просроченные флакончики. Признавая в душе, что все идет не по инструкции, вылил подозрительные пробирки на третью планету.

— Хуже не будет, — сказал он и ушел, опасаясь, что если останется дожидаться результатов, то опять, чего доброго, будет ночевать на диване, не раздеваясь.

Директор никогда еще так не спешил на работу, как на следующее утро, в глубине души ожидая увидеть в созданном им мире цветущие сады, заполненные восхитительными существами. Неблагодарные планеты встретили его все теми же безжизненными пространствами, хотя...

На третьей, если внимательно присмотреться, кое-что можно было с трудом разглядеть.

— Чего они такие мелкие? — директор покачал головой. Тут взгляде впервые упал на развесистый фикус, засыхающий на подоконнике: — Как он вообще тут вырос? И кто его поливает?

Он отправился по коридору на поиски подсобного помещения, где уборщики должны держать всякую хозяйственную дребедень. Каморка с ведрами, швабрами и прочим барахлом нашлась под лестницей. Под раковиной стояли лейка и бутылка с распылителем. На размытой этикетке угадывалось изображение куста в горшке. Директор обнюхал носик распылителя и сморщился: запах был отвратительный.

— Удобрение... наверное, эффективное... или давно испортилось... — На всякий случай, он прихватил и лейку: — Тоже пригодится... может, фикус полью.

Вернувшись в кабинет, директор со всех сторон обрызгал третью планету и признался себе, что ждет немедленных изменений. В дверь постучали.

— Нельзя!

На пороге тут же возник старый уборщик:

— Никак чой-то искали в подсобке?

— А? Нет, ничего... Вот — забери, — директор сунул уборщику бутылку с удобрением, одновременно вытесняя его из кабинета.

В коридоре слышались голоса.

— Вас там ищут, — сказал старик, пытаясь заглянуть внутрь. — Делегация какая-то. Или а-со-ция-ция.

Директор раздраженно фыркнул и, уходя, демонстративно запер кабинет на ключ.

Представители Ассоциации профессиональных демиургов скандалили и угрожали отзывом своих рекомендаций, ссылаясь на жалобы потребителей. Директор неохотно соглашался, что отдельные недостатки имеют место, но он в курсе и уже занимается этим вопросом. Стараясь не вдаваться в подробности, пообещав в ближайшее время реализовать план улучшения качества продукции и, в нарушение этикета, первым сбежал из переговорной.

Вернувшись к себе, директор с замиранием сердца открыл дверь. Уже с порога было видно, как в зарослях, щедро покрывавших сушу третьей планеты, неторопливо бродили монструподобные ящеры, щипая листья с верхушек здоровенных хвощей-переростков. Другие монстры, пошустрее, бодро насакивали на травоядных. Глубины вод тоже кишели гигантскими существами.

— Хм... перестарался я с удобрением, — констатировал директор. — Зато всех видно! Видно...

Нахмурившись, он вспомнил любопытного старого уборщика и его попытки проникнуть в кабинет под предлогом уборки. Взглянул на кучу рваных пакетиков, валяющихся на столе и под столом, собрал их и выбросил в мусорную корзину. Под обрывками обнаружилась забытая упаковка со звездной мелочью.

— Да, кстати — последний штрих!

Он обошел вокруг стола, небрежно взмахивая пакетом: небесные тела вываливались неравномерно, обильно посыпанные участки чередовались с пустырями. Когда пакетик почти опустел, директор перехватил его за угол и встряхнул, чтобы высыпать остатки. Вместе со звездной пылью из пакетика вылетел крупный астероид и с треском врезался в одну из планет, подняв клубы пыли.

Когда директор осознал, что от удара содрогнулся не какой-то там безжизненный шарик, а третья — живая! — планета, тут же заметался в панике. Непроницаемая пелена, окутавшая единственную отраду глаз, не давала возможности оценить масштаб бедствия.

— Надо немного подождать, — успокаивал он себя. — Пусть пыль оседет.

Чтобы отвлечься, он сел сочинять обещанный Ассоциации демиургов план повышения качества — однако никак не мог сосредоточиться, постоянно бросая тоскливые взгляды на несчастный мир.

Через несколько часов уже можно было констатировать, что ящеры не пережили внезапного удара. Растительность тоже погибла почти вся.

— Технологический перерыв, — убитым голосом произнес директор и вышел на дрожащих ногах.

Весь следующий день он, сказавшись больным, провел дома, но под вечер, не выдержав, приехал и замер на пороге. В кабинете было пугающе темно. Вспомнил, что после создания мира он ни разу не

включал верхний свет — мощности звезды с избытком хватало на всю комнату.

— Чой-то темно у вас, — раздался за плечом хриплый голос.

Подскочив от неожиданности, директор пришел в ярость. Хватая ртом воздух, он уже приготовился было сорвать скопившуюся злость на пронырливом старикане, который так кстати подвернулся под руку. Не чувствуя назревающего урагана, уборщик обогнул директора и пошел к столу.

— Перегорела — сталбыть, замаянить надо, — пояснил он из темноты, позвякивая и шурша. — Щас, сталбыть, будет свет!

Новая звезда была слабой мощности, зато не слепила при включении. Забыв обругать самостоятельность обслуживающего персонала, директор огорченно рассматривал третью планету: оставшись без тепла и света, она почти вся покрылась льдами.

— Кто ж нядоделанное без присмотра бросает, — уборщик укоризненно поковырял ледяную корочку.

— Ты иди, иди, — спохватился директор. — Дальше я сам...

Выпроводив старикана, он повздыхал и вскоре тоже ушел, бросив с порога несколько печальных взглядов на замороженное безжизненное мироздание.

Утром, наблюдая за результатами потепления, он увидел, что льды растаяли, но видимых признаков жизни так и не появилось.

Наполненная тяжелыми мыслями ночь не прошла даром. Ворвавшись на склад готовой продукции, директор напугал кладовщиков внезапной проверкой противопожарной безопасности. Отправив их проверять сроки годности огнетушителей, он воровато покрутил головой, нашел нужный стеллаж и проворно вытащил пробирку из коробки для демиургов-профи. Равнодушно кивнул кладовщикам, притащившим огнетушители, и заторопился к себе.

В кармане краденое протекло, остатков жидкости хватило только на небольшой участок суши.

Директор бросил пустую пробирку мимо корзины.

— Надо было две штуки брать. Или даже три!

Уезжая в Ассоциацию демиургов, покидал кабинет с сожалением. Вечером вернулся посмотреть на результат. Биоккультура, определенно, предназначалась для демиургов высшего уровня: появившиеся существа заметно уступали в размерах монструозным ящерам, зато строили дома из кубиков и рыли канавки.

— Хорошо! Очень хорошо! Но как-то мало... — в начинающем демиурге зашевелился профессионал. — Может, еще пробирку с ящерами стащить?

Он взволнованно заходил вокруг стола:

— Зелени маловато... Если монстры оголодают, они тогда и разумных сожрут... Как бы им травки добавить?... Эх... нельзя было удобрение отдавать: вонючее, но такое результативное! Ну да ладно...

Директор повернулся к окну: заимствованная из подсобки лейка по-прежнему стояла на подоконнике рядом с засохшим фикусом. Погибшее растение будто намекало: пора действовать!

Директор заторопился. Покопавшись в мусорной корзине, вытащил бутылку из-под растительного концентрата. Щедро плеснул туда из лейки, два раза встряхнул бутылку и быстро вылил получившийся раствор на планету.

— Забурлило-то как!!! Это уже не полив получился, а всемирный потоп какой-то...

Остолбенев от растерянности, директор стоял и смотрел на исчезающую сушу. Когда последние признаки жизни скрылись под водой, он дернулся к дверям — позвать уборщика... принести тряпку... все вытереть... — и снова застыл, сознавая бесполезность этой суеверия. Не в силах смотреть, как жизнь в очередной раз покидает его несчастный мир, он стиснул кулаки, в нескольких энергичных выражениях признал свое творение ошибкой и вышел, хлопнув дверью.

Проходя мимо лестницы, директор заглянул в подсобку:

— Слушай, я там закончил... проверку качества... Демонтируй все и выноси на свалку!

Старый уборщик с горечью осмотрел списанное в утиль мироздание.

— Наигрался, сталбыть, дядиург наш... Тута сжег, тама заморозил..., Сталбыть, ничего не поделаешь. А с этой... мож, слить как-нить? Иль вот так...

Он заскорузлыми пальцами разрыхлил землю в горшке с фикусом и подсыпал несколько горстей на залитую водой планету. Под ногой что-то хрустнуло. Старикан наклонился и подобрал осколок пробирки:

— О как! Ящерики подошли, так он Отлантиду каку-то разводить начал...

Усмехнувшись в бороду, уборщик наскреб из горшка еще чуток почвы, поплевал на нее, помял в ладони и слепил смешную неуклюжую зверюшку. Покачивая головой, аккуратно поделил на две части и, заботливо подправив сперва одно существо, затем другое, опустил на землю. Поскреб в затылке и долго стоял, о чем-то раздумывая, а потом осторожно подхватил многострадальный мир и потащил в свою каморку под лестницей:

— На свалку... ишшо чего! Ну да старый Яхве в обиду не даст. Сталбыть, сам играть будет...

СТЮАРТ РИЧИ

Научнообразная
чушь. Разоблачение
мошенничества,
предвзятости,
недобросовестности
и хайпа в науке

Перевод с английского:
Алёна Якименко

М.: Corpus, 2024



Чтобы определиться со своим мировоззрением и принимать взвешенные решения, влияющие на нашу жизнь, нам среди прочего необходимо сформировать свое отношение к высказываниям экспертов и результатам научных исследований. «Ученые врут и все скрывают» или «ученые доказали, значит, так и есть»? Приводя потрясающие воображение примеры, Стюарт Ричи описывает системные проблемы в публичном освещении научных работ и устройстве самой научной деятельности, позволяя критически переосмыслить все, что мы читали, смотрели и слушали о науке до сих пор. Однако надежды на прогресс он у нас вовсе не отнимает — напротив, мы много узнаем о том, что делается и что еще можно сделать, чтобы доверие к работе ученых крепло на более надежных и устойчивых основаниях.

ХАЙНО ФАЛЬКЕ

Свет во тьме.
Черные дыры,
Вселенная и мы

Перевод с английского:
Инна Каганова, Татьяна
Лисовская

М.: Corpus, 2024



В апреле 2019 года около четырех миллиардов человек по всему миру смогли увидеть первое в истории изображение черной дыры (55 миллионов световых лет от Земли, центр галактики M87). Хайно Фальке, возглавлявший международную команду исследователей, и научный журналист Йорг Рёмер написали книгу о том, что предшествовало рождению этого изображения. Читатель «Света во тьме» узнает, как группа ученых-энтузиастов сначала убедила распределителей ресурсов (денег, радиотелескопов, мощных компьютеров) выделить на задуманный проект достаточное их количество, а затем провела наблюдения, проанализировала данные и получила долгожданное изображение. «Мифическое существо космических размеров обрело форму и цвет, и каждый человек смог его увидеть», — подытоживает Фальке. Он занимался этим проектом более двадцати лет, и его, христианина, пастора-мирянина, не пугало, что многие именуют черные дыры «вратами ада».

Подробнее об этих и других книгах читайте на сайте издательства: <https://www.corpus.ru/>



Книги

МАЙКЛ БРУКС

Искусство большего.
Как математика
создала цивилизацию

Перевод с английского: Заур
Мамедьяров

М.: Corpus, 2024



От подсчета налогов до математического анализа, от архитектурных расчетов до выведения спутников на орбиту Земли — математика всегда определяла развитие человечества, от древних царств и до сегодняшнего дня. Но как шло это развитие?

Сколько великих умов посвятили всю жизнь математике? Как именно математика и достижения гениев прошлого позволяли банкам наращивать свой капитал, а военачальникам — выигрывать битвы и целые войны? Майкл Брукс приглашает читателя в увлекательное путешествие по страницам истории этой удивительной науки.

ЖЕРЕМИ ХАРРИС

Это всё квантовая
физика!
Непочтительное
руководство
по фундаментальной
природе всего

Перевод с английского:
Анастасия Бродоцкая

М.: Corpus, 2024



Молодой физик, эксперт по рискам, связанным с развитием искусственного интеллекта, и голливудский консультант по «альтернативной реальности» Жереми Харрис написал уникальную в своем роде книгу, погружающую нас в захватывающий мир квантовой механики. Он доступным языком и весьма непочтительно объясняет, какие на сегодняшний день существуют интерпретации квантовой механики, попутно рассказывая об исследователях, шарлатанах и академической индустрии, которая определяет, что мы с вами думаем о себе и о своем месте во вселенной. Автор обсуждает идеи, которые — без преувеличений — формируют наше самоощущение, а в конечном счете определяют, какое общество мы строим.



XXII МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД по общей и прикладной химии

7-12 ОКТЯБРЯ

2024 ГОДА

НА

ФЕДЕРАЛЬНОЙ

ТЕРРИТОРИИ

«СИРИУС»



XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии станет одним из основных мероприятий, посвящённых 190-летию Д.И. Менделеева и 300-летию основания Российской Академии наук.

Особенностью

XXII Менделеевского съезда станет обсуждение роли химии в достижении технологического суверенитета Российской Федерации и вклада химической науки и материаловедения в решение задач приоритетных направлений технологического суверенитета и структурной адаптации РФ.

В работе

XXII Менделеевского съезда планируется участие 4000 человек, в том числе 500 иностранных учёных.

Тезисы принимаются до 01 апреля 2024 года.

<https://mendeleevcongress.ru/>

**Ждём вас на федеральной
территории «Сириус»!**

ОРГКОМИТЕТ

XXII Менделеевского съезда





Короткие заметки

Будни цифровизации

В одной песенке шестидесятых были такие слова: «Нам электричество сделать все сумеет, нам электричество пахать и сеять будет, нам электричество любой заменит труд: нажал на кнопку, чик-чирик, всё тут как тут». Программа цифровизации идет в полном соответствии с духом этой песенки. Онлайн-сервисы, предназначенные для облегчения труда, плодятся как грибы после дождя, особенно в сфере образования. В самом деле, это же так удобно — нажал на кнопку, загрузил учебный курс в сеть и ведешь с его помощью занятия на неограниченную аудиторию. А потом у всех учеников проверяешь контрольные работы.

И тут возникает интересный феномен, на который обратили внимание Пей Цзясинь и Ван Чжихань, аспиранты из Мичиганского университета. Оказывается, оценки зависят не только от знаний ученика, но и от буквы, на которую начинается его фамилия (Michigan news, 16 апреля 2024 года). Видимо, Ван Чжихань этот феномен сначала обнаружила на себе, ведь ее фамилия начинается с W, то есть четвертой буквы с конца латинского алфавита.

Измерения показали, что ученики с фамилиями начала алфавита получают на 0,3 балла выше, а конца — на 0,3 балла ниже, чем в среднем. Не так уж много, если шкала 100-балльная, но для кого-то недобор 0,6 балла может оказаться судьбой. В чем же причина? Провели более тщательные наблюдения и оказалось, что если учитель проверял работы в обратном алфавитном порядке, то результат перевернулся, если же порядок проверки работ определял генератор случайных чисел, то феномен исчезал.

Так стало ясно, что причина в банальной усталости. Обычно учитель проверяет работы, выстраивая учеников по алфавиту, и к концу проверки устает, настроение портится, вот оценки и идут вниз. Выходов несколько: строить список случайным образом, нанять больше учителей либо задействовать робота. Он-то не устанет, и учителю останется только нажимать на кнопку.

А. Мотыляев

Пишут, что...

...ИИ, пишущий по заданию текст или рисующий картинку, выделяет в сотни раз меньше диоксида углерода, чем люди, выполняющие те же задачи (Nature)...

...мужчины и женщины, делающие ставки на спорт, чаще подвержены пьянству и запоям (JAMA Network Open)...

...прозрачное покрытие для окон толщиной 1,2 микрона из чередующихся слоев кремнезема, оксида алюминия и титана пропускает свет, но поглощает тепло и снижает температуру в помещении на 5,4–7,2°C (Cell Reports Physical Science)...

...впервые удалось вырастить одностенные углеродные нанотрубки с использованием в качестве катализатора наночастиц высокоэнтропийного сплава пяти или более металлов в равном атомном соотношении (Chemical Physics Letters)...

...17% глобальных выбросов парникового газа сульфурил-фторида (в 4000–5000 раз более сильного, чем CO₂), который применяют для борьбы с термитами и муравьями, приходится на США (Communications Earth & Environment)...

...дальний ультрафиолет (222 нм), безобидный для человека, обезвреживает в помещении больше 99% вирусов, передаваемых воздушно-капельным путем (Scientific Reports)...

...недавно разработанный пластик из растительного сырья под воздействием солнечного света и морской воды выделяет в девять раз меньше микропластика, чем обычный пластик (*Ecotoxicology and Environmental Safety*)...

...разработан метод, который использует магнитометр смартфона для совершенно другой цели — для измерения с высокой точностью концентрации глюкозы, маркера диабета, в домашних условиях (*Nature Communications*)...

...бактерии *Oscillibacter* в кишечнике человека поглощают и метаболизируют холестерин из окружающей среды, понижая уровень холестерина в организме (*Cell*)...

...создано стекло, излучающее ультрафиолетовые лучи, на котором в подводной среде биопленка практически не нарастает (*Biofilm*)...

...выживаемость сердечных пациентов после операции шунтирования, живущих в более зеленых районах, значительно выше, чем у тех, чья среда обитания лишена зелени (*Epidemiology*)...

...согласно моделированию Австралийского национального университета, в Австралии вскоре могут произойти мегазасухи, которые продлятся более 20 лет (*Hydrology and Earth System Sciences*)...

художник Р. Самойлов



Короткие заметки

Упакуем плаотик в бетон!

В XXI веке уже сложилась традиция отказываться от завоеваний XX века. Вот, например, одно из чудес материаловедения — искусственная трава. В 60-х годах ее придумали для замены природной травы на спортивных площадках. Преимущества очевидны: не надо стричь, поливать, не нужен свет, да и износ медленнее. Современная пластиковая трава — это многослойный композит на основе вспененного полипропилена, в который встроены пластиковые травинки двух типов, длинные прямолинейные и короткие спиральные. Первые, покрытые диоксидом кремния от износа, собственно и есть «трава», а спиральки не дают им поникнуть. И все это укреплено слоем резиновых гранул. Нельзя сказать, что спортсмены слишком уж довольны, но им приходится смириться.

Не прошло и шестидесяти лет, как законодатели решили запретить такой искусственный газон, потому что он служит источником микропластика и микрорезины. Причем счет идет на десятки тысяч тонн синтетических микрочастиц, ежегодно убегающих с таких газонов. Запрет это загрязнение предотвращает, но возникает проблема — куда девать резиновые гранулы, ведь их получают из вредного отхода цивилизации — автомобильных покрышек.

Обычно их прячут в асфальте, но вот Мухаммед Багхбан из Норвежского университета наук и технологии предлагает использовать в качестве хранилища бетон (агентство AlphaGalileo 11 апреля 2024 года). При этом удастся убить двух зайцев: избавиться на столетия от вредного отхода и сократить потребление песка. Да-да, песка: оказывается, это совсем не бесконечный ресурс. В некоторых странах его дефицит дошел до того, что приходится делать искусственный песок, размалывая скальные породы. Песок можно заменить не только резиновой крошкой от шин, но и шлаком, золой, сажой и другими вредными отходами.

Вряд ли надзорные органы так сразу согласятся на включение в состав строительного бетона резины, пластика и прочего. Однако для конструкций вроде бордюрного камня идея вполне может работать.

С. Анофелес



Юрий Коханов

Иллюстрации Елены Станиковой

Город — это где много домов

— Хочу место с видом на реку! — Дом был ветхим, щерился колючками черных досок. Полузаброшенный, он доживал свое на окраине. С одной стороны — заросли борщевика, с другой — высотки спальных районов. — Столько лет исправно стоял, служил городу. Теперь хочу покоя и красивых пейзажей.

— Он нам всю набережную испортит. — Голос ухоженного «исторического» здания звучал тихо и надменно. — А это лицо города. Это туризм. Почет и уважение. И деньги в бюджет.

— Ага. И только утонченным архитектурным кадрам, вроде тебя, у реки и место, — пробасил бликующий темным стеклом исполин торгового центра.

— Как будто тебе есть дело до набережной, но-водел. Тележки для супермаркета у реки выгуливать надумал?

— Мне есть дело до тебя и твоего снобизма!

— Пожалуйста, тише. Людей разбудите!

Здание администрации раздраженно трянуло антеннами. Перестановку обсуждали уже третий час. Скоро утро, жильцы проснутся. И ведь каждую ночь так. Одним не нравится их место. Другие — не хотят уходить со своих. Строения пониже ищут места получше. А на следующем собрании жалуются, что высотки снова загородили вид. Просят переставить. Хорошо хоть его право на центральную площадь никто не оспаривает.

— Ая... — Маленький домик придвинулся ближе к зданию администрации. Он был трехэтажный, квадратный — квартир на девять, не больше. Он жил там, где спальный район напознал на историческую застройку. Затененное высотками, никому в принципе не нужное место. Всей радости — не-



большой парк под боком. — Можно меня переставить чуть дальше по моей улице? Понимаете... моим всем на работу в одну сторону. И совсем не далеко. А так ведь еще ближе будет. И мы тогда у самого парка будем — гулять и птичек слушать.

— Мы? Твоим?

— Ну... моим жильцам.

Город зашумел — здания, все разом, бормотали что-то осуждающее. Над всеми голосами возвышался один, мешаясь с перезвоном колоколов:

— Люди приходят и уходят. Вечен лишь камень.

Маленький домик подождал, пока остальные притихнут. Спросил снова:

— Так можно?... Можно я передвинусь?

— Маленьким домикам — маленькие стремления, — фыкнуло «историческое» здание. — Пусть переползет поближе к парку.

Пробиваясь через неплотные шторы, солнце заливало комнату. За окном пели птицы. Так много... Похоже, где-то рядом были деревья или кусты. Или — целый парк. Андрей не стал проверять карту сразу. И шторы отдергивать не стал — чтобы не портить себе сюрприз.

Коллеги постоянно жаловались на смену района. Но Андрею почему-то всегда везло. Если дом и сдвигался, то совсем немного.

И с соседями Андрею повезло тоже. По утрам никто не шумел. Разве что сосед сверху в выходной день мог на пианино поиграть. Так ведь и играл хорошо. Никому не мешал. Галина Михайловна — старожил и негласный управдом — засадила подъездные подоконники цветами. Она же следила за чистотой.

Очень этот дом был живой и уютный. Пару лет назад Андрей, переговорив с жильцами, позвал знакомую художницу. Вдвоем они расписали подъездную стену — на первом этаже, где почтовые ящики висят. Морская гладь, раскрашенная закатным солнцем. И парусник. Хорошо получилось.

Андрей позавтракал. Собрался. И только тогда открыл приложение. Улыбнулся. Идти до работы было теперь всего ничего. Разве что специально прогуляться — погода-то хорошая.

Выходя на улицу, он коснулся ладонью подъездной двери. Выкрашенная серым сталь была шершавой и холодной.

— Спасибо.



300-летие

Российской академии наук



Фёдор Фёдорович Бейльштейн

(1838 – 1906),

русский химик-органик, академик Петербургской АН.

Изучал химию в Гейдельбергском университете у Р. Бунзена, в Мюнхенском – у Ю. Либиха, в Геттингенском – у Ф. Вёлера, а также в Высшей медицинской школе в Париже – у Ш. Вюрца.

С 1866 года профессор Санкт-Петербургского технологического института, в котором проработал 30 лет.

В письме к А. М. Бутлерову он называл себя преемником Д. И. Менделеева в Технологическом институте. Читал курс неорганической химии, после ухода Дмитрия Ивановича (1872) – курс органической химии и впоследствии – аналитическую химию.

Написал «Руководство к качественному химическому анализу», которое выдержало 9 изданий в России и было переведено на немецкий, голландский, английский и французский языки.

Основное направление научных исследований – химия ароматических соединений. За время работы в Технологическом институте Ф. Ф. Бейльштейн совместно с учениками опубликовал более 200 научных работ в области ароматических соединений, по исследованию нефти и по способам химического анализа. Предложил высокочувствительную реакцию обнаружения галогенов в органических соединениях прокаливанием их на окисленной медной проволоке в пламени газовой горелки (проба Бейльштейна, 1872).

Ф. Ф. Бейльштейн известен каждому химику-органику как инициатор создания и первый составитель всемирно известного справочного систематического «Руководства по органической химии» (Handbuch der Organischen Chemie).

Справочник содержит информацию обо всех органических соединениях, известных на время выпуска очередного тома.

Четвертое издание справочника (1918–1998) включает 503 тома.

С 2023 года справочник представляет собой электронную базу данных.