



НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN: 1683-9528

1 ● «Знание всегда даёт преимущество» — полагает биофизик Генрих Иваницкий ● У водородной экономики — отменные перспективы. За чем же дело стало? ● Москва: Третьяковка + Русский музей — явление нового Врубеля! ● Из значительных событий минувшего года: впервые в истории космический корабль «коснулся» Солнца.

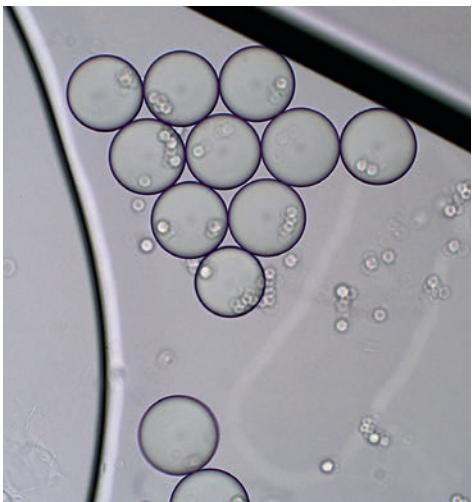




Фото Андрея Лисинского
из серии «Да будет свет!»

В Н О М Е Р Е :

Г. ИВАНИЦКИЙ, член-корр. РАН — Работающий мозг. История одного человека в истории одного города (беседовала Н. Лескова) 2	Л. СМИРНОВ — Грибы мои снежные 102
Наука и жизнь. Хрестоматия	Е. ВОРОН — В клинике домашних питомцев (фантастический рассказ) 110
Р. СВОРЕНЬ — Ещё не кровь, но уже не водица (отрывок из статьи, № 11, 1982 г.) 13	Коллекция рассказов мемориальных 115
Г. ИВАНИЦКИЙ, член-корр. РАН — Переливание крови: против, за и альтернатива (отрывок из статьи, № 2, 1999 г.) 18	Ответы и решения 115
Наука и жизнь сто лет назад 21	Маленькие хитрости 116
Десять значимых событий 2021 года в биологии и медицине (материал подготовил К. Стасевич) 22	Ответы на кроссворд с фрагментами 117
Девять значимых событий 2021 года в физике и астрономии (материал подготовил канд. физ.-мат. наук А. Понятов) 34	Кроссворд с фрагментами 118
А. ПЕТRENKO, К. СТАСЕВИЧ — Цифровой эталон для подсчёта ДНК 44	В. МАКСИМОВ, канд. филол. наук — Из истории фамилий 120
Бюро иностранной научно-технической информации 48	Н. ДАНИЛЕВСКАЯ — Художник на все времена (беседа с Ириной ШУМАНОВОЙ, куратором выставки «Михаил Врубель» в Государственной Третьяковской галерее) 124
Ю. УЛЕТОВА — Скифские курганы на Дону: погребения амазонок и загадка серебряной накладки 52	
Рефераты (подготовил Л. Ашкнази) 58	
К. ДЕГТЬЯРЁВ — Где взять водород? 60	
Кунсткамера 70	
А. ЛАВРОВ, канд. биол. наук, Д. ГИМРАНОВ, канд. биол. наук, А. ДОПАТИН, акад. — Саблезубые тигры. Найдки в Крыму 72	
Л. АШКИНАЗИ, Н. СЬЯНОВА — Что видим? Нечто странное! Электроприборы под защитой 80, 108	
 «УМА ПАЛАТА»	
Познавательно-развивающий раздел для школьников	
M. АБАЕВ, канд. хим. наук — Марс, древняя жизнь и... утки (81). А. МЯСНИКОВ — Сви- ристели прилетели! (86). А. ПОНЯТОВ, канд. физ.-мат. наук — Лунный парадокс (90).	
 Должен ли спутник Земли притягиваться к Земле сильнее, чем к Солнцу? Может ли у Луны быть спутник?..	
T. ЗИМИНА — Водород из метановой плазмы 97	
O чём пишут научно-популярные журналы мира 98	

Вся его художественная система, его метод, о котором мы пытаемся говорить здесь, на выставке, настроены на понимание зрителем. И он оставил нам некие ходы, двигаясь по которым мы должны его услышать. Не много художников, так заботливо относящихся к зрителю, так жаждущих понимания. Не признания, а именно понимания.

НА ОБЛОЖКЕ:

1-я стр. — Раковина перламутровая «Морское ушко» принадлежала М. А. Врубелю, служила пепельницей. И сохранилась!

Государственный Русский музей, отдел рукописей, фонд М. А. Врубеля. Экспонат выставки в Государственной Третьяковской галерее, ноябрь 2021 — март 2022 года. Фото А. Лисинского. (См. статью на стр. 124.)

Внизу: Капли-микрореакторы, используемые при проведении цифровой ПЦР. Раствор с молекулами ДНК разбивают на тысячи капель объёмом порядка нанолитра и после этого в каждой капле запускают полимеразную цепочную реакцию. Фото предоставлено ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. (См. статью на стр. 44.)

4-я стр. — Триптих М. А. Врубеля «Цветы» (1894 год; холст, масло; Омский областной музей изобразительных искусств им. М. А. Врубеля), предназначавшийся для особняка К. Г. и Е. Д. Дункер в Москве, — в одном из пространств выставки «Михаил Врубель» в Новой Третьяковке. «Трёхчастный плафон, — читаем в выставочном каталоге, — был отклонён за казчиками и, предположительно, приобретён М. П. Рябушинским», в Омский музей поступил из Государственного музеяного фонда в 1927 году. Фото А. Лисинского.



НАУКА И ЖИЗНЬ®

№ 1 ЯНВАРЬ

Журнал основан в 1890 году.
Издание возобновлено в октябре 1934 года.

2022

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ



Фото Натальи Лесковой

Генрих Романович Иваницкий.

РАБОТАЮЩИЙ МОЗГ

ИСТОРИЯ ОДНОГО ЧЕЛОВЕКА В ИСТОРИИ ОДНОГО ГОРОДА

Генрих Романович ИВАНИЦКИЙ — человек, без преувеличения, легендарный. Не только для подмосковного наукограда Пущино, но и для всей отечественной науки. Доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Г. Р. Иваницкий стоял у истоков Пущинского научного центра, руководил им долгие годы, воспитал замечательных учеников, многие из которых также стали докторами наук. Более полувека Генрих Романович связан с городом Пущино, с Институтом теоретической и экспериментальной биофизики РАН, который возглавлял; сейчас он — научный руководитель института, каждый день приходит на работу в свою лабораторию.

Генрих Романович Иваницкий — многолетний автор журнала «Наука и жизнь», но в качестве героя интервью выступает впервые. Это интервью о том, как всё начиналось, чего удалось достичь и что бы хотелось понять. Раздумья о феномене мышления, о человеке, человеческой жизни...

Беседу ведёт Наталия Лескова.

— Генрих Романович, при входе в Институт теоретической и экспериментальной биофизики висит табличка, что здесь работал выдающийся учёный, академик Глеб Михайлович Франк, ваш учитель, который в своё время, более полувека назад, и привгласил вас сюда...

— Да. Я же учился не на биолога, я физик. Когда я поступал в ВУЗ, на переднем крае была авиация. Летать «дальше всех, быстрее всех»! Школу я окончил с золотой медалью, поэтому мог поступать в любой институт. Подруга моей мамы жила рядом с Тушином, а тогда там проводились авиационные парады. Мы часто бывали у неё, и наблюдение за воздушной акробатикой новой техники у меня, подростка, вызывало восхищение.

Я выбрал авиационный институт — МАИ. Пока ехал сдавать документы, одна моя знакомая, старше на год, уговорила меня идти не на самолётный факультет, а на приборный, потому что будущее за электроникой. Когда приехал, увидел, что самая большая очередь стоит сдавать документы на радиотехнический факультет. А в тот период было понятно, что раз очередь, значит, дефицит, и я встал в эту очередь.

Так я поступил на радиотехнический факультет. Там студентов очень хорошо учили, подготовка по математическим и физическим дисциплинам была, пожалуй, лучше, чем в МГУ или в МФТИ. Когда учился уже на четвёртом курсе, вышла книга Нор-



фото Наталии Лесковой

берта Винера о кибернетике. Я всего этого не читался и понял, что специальность не правильно выбрал. Распределение уже было подписано, выпускники МАИ направлялись на предприятия ВПК — там требовались радиотехники, поскольку все военные системы автоматизированы. А у Винера было написано, что мозг — это автоматическая система, которая регулирует организм. И в силу амбиций я решил, что это именно та область, которой надо заниматься.

Но где заниматься, представления не имел. Всё только начиналось, и про кибернетику в философском словаре было написано, что это лженаука. Как и генетика в своё время. А у меня двоюродный брат работал в журнале «Радио». Как-то он мне позвонил — я был тогда на последнем курсе института — и говорит: «Тут принесли статью Каминира “Телевидение в биологии”.

Посмотри её, мне кажется, что это как раз то, чего ты хотел».

Я посмотрел статью и стал искать, кто же такой Лев Борисович Каминир. Оказалось, что он работал в Дубне, а в тот момент — это 1959 год — переводился в Институт биофизики. Институт возглавлял Глеб Михайлович Франк. И я пошёл туда напрямую, меня приняли как дипломника. Сделал там дипломную работу и получил, как мне кажется, кое-какой авторитет, но совершенно забыл, что год назад подписал согласие на своё распределение в одну из московских организаций Государственного комитета по радиоэлектронике.

Потом Франк мучился, потому что надо было сделать перераспределение — из Комитета по радиоэлектронике в Академию наук. Он написал письмо в Комитет по радиоэлектронике. Ему ответили, что перераспределение сделать невозможно, но «если вас интересует выпускник МАИ, берите следующий выпуск». Франк сказал, что его интересует не выпуск вообще, а конкретный человек.

— А почему он так за вас уцепился?

— Дело в том, что он мечтал о развитии, как он её называл, машинной биологии. А его брат, нобелевский лауреат Илья Михайлович Франк занимался всякого рода поведением электронов в разных средах. И как только открывался какой-то новый эффект в области физики, Глеб Михайлович сразу начинал присматриваться — а можно ли его использовать в биологии. Тогда как раз стало понятно, что при слишком больших разбросах в биологических системах и без большой статистики выявить какие-то закономерности невозможно. И у него возникла идея, что нужно сделать автоматические системы вместо лаборантов — своеобразных роботов, которые сами бы всё считали, мерили и выдавали всякие кривые. Но как делать этих роботов, никто не знал. И у Франка, конечно, была мысль использовать меня не для кибернетики как таковой, а чтобы я занимался этими роботами, которые заменили бы лаборантов.

Диплом в Институте биофизики я делал на тему «Электронный анализатор микрообъектов», это был прообраз будущего устройства, которое должно считать и измерять клетки крови. Но в отделе кадров Института мне сказали, что они не могут без разрешения

вышестоящей организации меня зачислить — подсудное дело. Грустный, я пошёл в отдел кадров всей Академии наук. (Тогда можно было запросто зайти в Академию — не то что сейчас.) И начал там плакаться, какая у меня судьба. И тут кто-то из отдела кадров, уже и не помню его фамилию, позвонил мне в Комитет по радиоэлектронике кадровичке, которая там работала. Видимо, она была его приятельницей, потому что он её по имени называл. И говорит: «Мы вам в прошлом году подарили акустика из Академии наук, верните должок, дайте нам Иваницкого. А потом мы вам ещё кого-нибудь дадим». Мне тут же выписали направление. Это было первого апреля 1960 года.

— Хорошее начало для работы!

— Да, день смеха. И, действительно, Франк поручил мне делать анализаторы микрообъектов. Создали первый вариант, начали измерять и считать. Чего мы только не считали! Клетки крови, всякие порошки по заказам, даже цемент. Так мы сразу про-двинули почти всю область автоматического анализа микрообъектов.

— Но вы-то хотели считать клетки мозга.

Не были разочарованы, что приходится заниматься не совсем тем, о чём мечтали?

— Нет. Я пошёл в Институт нейрохирургии имени Бурденко, в лабораторию анатомии. Её возглавлял известный учёный Самуил Михайлович Блинков. Я ему рассказал о своём желании «разобраться» с мозгом, и он ответил, что я взялся за задачу, которой триста лет уже занимаются, и всё ещё ничего не ясно. Я говорю: «Но вам-то ясно?» Он ответил: «Мне кое-что ясно, но проверить это практически невозможно».

— Вы сами пошли к нему или это было чьё-то задание?

— Сам. Когда мы считали микрообъекты, к нам обратились из Института нейрохирургии — попробовать посчитать клетки мозга. Оказалось, что это очень трудно. Мы делали прибор, который работал на мазках, а здесь требовалось считать на срезах. И там должно было быть нечто другое, потому что срез сравнительно толстый, 20 микрометров, в нём есть не только целые клетки, но фрагменты клеток, их половинки, четвертушки и т. д. Кроме того, непонятно, как привязать количество клеток к единице объёма...

— Посчитать клетки мозга удалось?

— Удалось! Потом Самуил Михайлович Блинков книгу написал: «Мозг человека в цифрах и таблицах», а наша с ним научная статья о мозге была опубликована в 1965 году в журнале «Биофизика», она называлась «О количестве глиальных клеток в головном мозге человека (подсчёты на вычислительной машине)». Но в процессе этой работы выяснилось, что вообще анатомия мозга, которая на тот момент существовала, ни к чёрту не годится.

С возрастом ткани становятся более плотными. Количество воды уменьшается. Переломы, плохие суставы, проблемы с памятью — всё это в значительной степени обусловлено уменьшением количества связанной воды в тканях организма. Последняя моя статья 2020 года в журнале «Успехи физических наук» называется «Объект исследования — стареющий мозг», где я попытался объяснить, что такое деменция, почему она возникает. Дело, конечно, не только в воде. Деменция может возникнуть по разным причинам, по сути дела, по любым. Это вопрос энергетики всего организма.

Я часто задаю студентам вопрос: «Почему мозги с извилинами?» Каждый что-то отвечает — например, что череп не даёт им растянуться, и они морщатся. Я возражаю: если бы это было так, все извилины носили бы случайный характер, а они имеют чёткую закономерность. Более того, даже расположение структур в коре мозга привязывают к положениям извилин. Возникает вопрос: почему это происходит?

Дело в том, что череп и все кости у ребёнка мягкие. Они растут вместе с мозгом, но первична кровеносная система. Сначала форма головы близка к шару, круглая, а потом она начинает вытягиваться вверх. Художники это прекрасно знают: в детстве голова составляет 1/8 часть туловища, потом её размер по отношению к туловищу становится меньше. И это связано с тем, что сначала развивается не мозг, а сосудистая система: чтобы клетки делились и происходил рост организма, клеткам нужно питание. А сосудистая система развивается определённым образом, создавая подложку для того, чтобы потом на ней росли разные ткани.

Если сосудистая система отказывает, мозговая ткань начинает умирать. Появляются амилоидные белки. Их нужно выводить из мозга. Там есть специальная система

выведения «отходов», но когда выведение работает плохо, мозг начинает замусориваться. Ведь любая клетка во время работы получает энергию — кислород как окислитель, глюкозу, а продукты распада из неё должны удаляться. Ни одна система не может жить в своих собственных отходах. Если нарушаются баланс между подачей питания и отведением отходов, система прекращает работу. Либо она «умирает от голода», либо от того, что её отравляют её же отходы.

Нарушение баланса приводит к тому, что могут возникать болезни Альцгеймера или Паркинсона. Это зависит от многих параметров.

— Например?

— Например, от работы желудка. Или от того, что плохо работает сердце, сосуды засорены. Начинает повышаться давление, что может привести к инсульту.

— Мы же можем каким-то образом влиять на этот процесс, если будем правильно питаться и вообще вести здоровый образ жизни?

— Не только таким образом. Мозг сам влияет на эти процессы. Вообще мозг — очень странная структура, она полностью не вписывается в генетику. По сути дела, это вторая генетика человека. Только та генетика, которая в хромосомах, в ДНК — это генетика долговременной памяти о прошлом. А мозг — это память о ближайшем прошедшем времени, это обучение. Но результат обучения тоже запоминается, корректируется и тоже воспроизводится. Системы считывания информации и методы запоминания разные, а цель одна и та же — повысить устойчивость организма к изменениям внешней среды. Просто на разных временных шкалах работают разные системы. И мозг, для того чтобы выживать, жёстко обращается с органами, которые конкурируют между собой. Скажем, почки конкурируют с желудком за большее количество энергии.

— А мозг конкурирует со всем остальным организмом?

— Нет. Он регулирует. Он, как умный правитель, смотрит, чтобы система была устойчивой, чтобы конкуренция не приводила к перекосам. Поэтому то, что называют «плацебо» — внушение, это очень важный момент, это способ регулировки: когда

человеку внушают, мозг начинает работать в определённом направлении, и возникают вещи, которые кажутся парадоксальными. Например, известны случаи исчезновения возникшей раковой опухоли...

Если вернуться к началу моих знакомств с мозгом, с его анатомией, то в результате этой работы я защитил кандидатскую диссертацию «Разработка методов автоматического подсчёта и измерения клеток мозга». Сразу после защиты Глеб Михайлович Франк меня вызвал и спросил, хочу ли я иметь лабораторию. А это был беспрецедентный случай, потому что мне было 26 лет. Я сказал: «Конечно, хочу!» — «Тогда поезжайте в Пущино». — «А что там делать-то, там же нет ничего?» — «Будет».

Я приехал — пусто, даже стульев и столов не было. Привёз из Москвы с собой несколько анализаторов и начал работать.

В результате мы наделали невероятное количество анализаторов. Они назывались АБ — анализатор биоструктур. Тогда шутка ходила у нас: «АБ-1, АБ-2, АБ-3, Абы что-нибудь ещё».

— Они пользовались спросом?

— Да, огромным. Мы организовали центр. Правда, нас чуть не посадили за это. При советской-то власти — и фирма! Анализ стоил три рубля. Но скорость, с какой мы его производили, была восемь секунд, и ребята шутили, что это лучше, чем печатать деньги, потому что приблизительно такая же скорость.

К нам на анализ привозили порошки для покрытия аэродромов — их использовали, чтобы под тяжёлыми самолётами не рассыпался бетон. Нефтяники по поводу пор в почве приезжали, их интересовала проблема откачки нефти из почв разной пористости. Заключали с ними договор, и оплата шла напрямую.

Но потом это дело прикрыли, потому что налоги надо было платить. Тогда мы стали почти бесплатно анализы делать. Но, тем не менее, с нами расплачивались «натурой» — например, серпуховская фабрика коробками привозила на анализ фруктовые и рыбные желе. Из Кишинёва вино привозили — бочонок, а мы должны были анализировать только муть на дне этого бочонка. Мы вино выпивали, а муть пускали на анализ.

— Так и спиться недолго!

— Нет, у нас никто не спился. В общем, это направление быстро развивалось. Потом мы написали книгу «Автоматический анализ микрообъектов». Но меня не покидало желание заниматься именно мозгом человека.

А Франк уже хотел, чтобы мы хромосомы анализировали. Это очень непростой объект. Они похожи на буквы **Y** или **X**, вытянутые и по-разному искривлённые. Надо было решить довольно сложную задачу, и нам это удалось. Мы пошли от того, как устроено зрение человека. Создали первый прибор, который назывался КРАБ (контурно-рамочный анализатор биоструктур). А ещё проблема — практически не было вычислительных машин, все были слабые с малой оперативной памятью. Мы сами собирали вычислительные машины из феррит-диодных ячеек, паяли из них схемы.

В результате мы впервые в мире сделали системы наведения рамки на объект в микроскопии. Когда сканирующий луч движется, он сталкивается с объектом и начинает обходить его по контуру, определяет максимальные координаты и выстраивает вокруг рамку. У каждого объекта появляется свой прямоугольник, в который он вписан, и сканирование и анализ дальше идут только в прямоугольнике, а пустые поля автоматически выбрасываются, поскольку это просто неинформативный фон.

Эти системы были подобны военным макросистемам наведения огня, которые начали использоватьсь в ракетной технике. В 1973 году мы получили патенты в США, Германии, Франции, Великобритании. А потом фирма «Карл Цейс» у нас купила лицензию и создала коммерческий прибор «Морфоквант». Мы с ними довольно долго работали. Фирма произвела свыше 10 приборов.

Система, которая легла в основу анализатора, очень похожа на систему зрения человека. А зрение — часть мозга. Я увлёкся зрением и начал исследовать, как же происходит обработка информации с помощью глаза. Правда, в тот момент, в 1968 году, Франк меня сделал своим замом, а это отнимало массу времени.

— Отказаться нельзя было?

— Пытался — не вышло. Потом академик Юрий Анатольевич Овчинников — тогда вице-президент Академии — сказал Франку, что меня надо сделать директором всего Пущинского научного центра. Это было уже

в 1974 году. И опять отказаться было невозможно, хотя здесь уже о науке только мечтать приходилось. Зато появилась другая наука: я начал исследовать поведение людей на социальном уровне, а не сам мозг. Собрал команду молодых единомышленников. Нам хотелось превратить Пущино не только в ведущий научный центр, но и в «мекку» творческой интеллигенции страны.

— *И удалось?*

— Не всё, но многое. Мы подготовили программу «Полис» — особый тип города. Программа предполагала его развитие на основе самоорганизации, подобной античным городам. Мне с большим трудом удалось получить у областного начальства разрешение на её реализацию в качестве социального эксперимента, правда, с большими ограничениями.

При Доме учёных организовали многочисленные клубы по интересам. Я познакомился с художественным руководителем объединения научно-популярных фильмов Александром Михайловичем Згуриди, и мы стали в Пущино проводить фестиваль научно-популярного кино. Наряду с этим ежегодно проводились фестивали джаза, бардовской песни, открытые дискуссии по самым сложным вызовам, возникающим перед человечеством. К нам потянулись многие молодые и не очень режиссёры художественного кинематографа, были сняты более десятка научно-популярных фильмов и многие художественные фильмы. Например, Никита Михалков снимал в Пущино «Неоконченную пьесу для механического пианино», «Несколько дней из жизни И. И. Обломова» и «Родню».

С Академией педагогических наук по нашей инициативе начался эксперимент по использованию научного потенциала сотрудников институтов в общеобразовательной школе. Развивалась международная научная деятельность.

Исследования мозга мне, в основном, пришлось забросить, но вышло несколько наших публикаций о том, что системы, которые находятся у нас в мозгу, конкурируют друг с другом. Внутри мозга есть своя конкуренция, и очень серьёзная. Эта система устойчива, когда находится компромисс, и он всегда находится, за исключением психических заболеваний. Но бывают случаи столкновения интересов, когда система переходит в хаоти-

ческий режим, как в социальных системах... Не случайно говорят, что в спорах не всегда рождается истина, чаще — гипертония. Если система застрянет в этом режиме, то всё кончится плохо. В нашем мозгу конкурируют отдельные фрагменты, отвечающие за тактильную чувствительность, за зрение, за вкус и т. д. Распознавание образов — это тоже результат конкуренции.

— *То есть, конкуренция — это благо?*

— Да. Но конкуренция под определённым надзором, потому что должен обязательно появляться компромисс.

— *А кто же за этими процессами в мозге надзирает?*

— Вот это и непонятно. В мозгу есть локальная структура — гипокамп, у которой много функций, и она могла бы быть «надзирателем». Но, с другой стороны, внутренний наблюдатель — это система распределённая. Наблюдатели есть отдельно в каждом участке коры мозга. Здесь как бы повторяется социальная организация.

Возникает предположение, что на иерархических уровнях — от квантового до социального — алгоритм похож, хотя элементы, реализующие его, различаются. В 20-х годах прошлого века долго не могли понять, как связаны частица и волна в квантовой механике. Когда регистрируешь — это частица, а когда они взаимодействуют — это волны. И сейчас я думаю, что надзиратели внутри мозга тоже одновременно и волны, и частицы. Иногда они распределённые, если их много, то они как волны, а иногда локализованы, тогда как частицы. Когда мы снимаем электроэнцефалограмму, мы видим взаимодействие волн, а когда пытаемся что-либо измерить внутри, определить эту структуру, то волна стягивается в точку и подсовывает нам сюрприз, потому что мы считаем, что она как раз там и находится. А в следующий момент она уже в другом месте. Поэтому все, кто пытался описывать работу мозга в терминах Ньютона, считая, что мозг — это сосредоточенная макросистема, были неправы.

Исследовать проблемы мозга мне помогло изучение социальной системы города Пущино.

Молодой и старый город, чем они отличаются друг от друга? Начало развития Пущино можно назвать десантом — ведь город на

пустом месте строился, и все приехавшие были приблизительно одного возраста. Люди пожилые были скорее исключением. Когда я определил первичное распределение людей по возрастам, то оказалось, что это почти остроконечный Гаусс. А потом посмотрел, как в динамике меняется популяционный состав Пущино. Есть приток — люди, которые приезжают в Пущино. Есть отток — по разным причинам уезжающие. А дальше есть внутренний цикл — рождение детей внутри системы. И вот, учитывая эти параметры, которые между собой конкурируют, мы построили модель города. Потом вдруг оказалось, что эта модель подходит к другим задачам, которые меня интересовали.

Любая система работает по подаче питательных веществ, выбросу мусора и циклической работы внутри системы. Но это грубая модель. Дальше её надо истолковывать, потому что циклические параметры внутреннего воспроизведения зависят ещё от других параметров, и мы должны их вставлять в модель. Постепенно мы приближаемся к многопараметрической системе, которая работает в таком варианте: каждый фрагмент конкурирует друг с другом, и главным показателем становится устойчивость.

Ошибка физиков, которые исследовали устойчивость сложных систем, состояла в том, что они искали исключительно минимум энергии. Считалось, что очень хорошая, устойчивая система — это такая, которая работает вблизи минимума энергии. А на самом деле оценки надо производить не в энергии, а в цене действия.

И в мозгах такая же ситуация. Потому что, если человеку нужно решить задачу, когда он рискует жизнью, он решает её за крайне малое время. Но после того, как он избежал опасности, ситуация меняется. Поставив мировой рекорд, спортсмен впадает в дрожь. Это связано с тем, что он израсходовал практически весь запас энергии, который у него был. То есть между временем и энергией происходит обменная операция. Расходовать энергию можно по-разному. Её можно расходовать медленно, за большой промежуток времени, и можно быстро.

— Верно ли я понимаю, что наиболее эффективна система, которая быстрее восстанавливается, возвращается к тому состоянию, когда энергия опять появилась?

— На такой вопрос ответить нельзя, потому что это всё зависит от целей системы. Есть системы, которые работают с медленными параметрами во внешней среде, а есть системы, работающие с быстрыми параметрами. Кинетический показатель — это не время достижения минимума энергии, а способ достижения некоторого уровня цены действия, ниже которого спуститься нельзя, иначе система просто умирает.

Закон сохранения энергии можно записать по-другому, везде поставить характерные времена, и тогда появляется второй параметр. Для исследования мозга и вообще всего живого это оказалось очень эффективным.

— А ваши социальные схемы оказались верными?

— В 1970-х годах мы смотрели, что будет с нашим городом через 10, 20 лет. Мы построили модель и пересчитали её на 2000 год. Ошиблись очень сильно, потому что не предвидели сильный отток. Когда людей в 1990-х перестали кормить, научные сотрудники стали уходить. И сразу энергия системы упала ниже критической. Тогда мы ввели корректировку на внешнюю среду — восстановили эту модель. Но появился дополнительный параметр, когда на науку вообще перестали отпускать деньги. Все толковые сотрудники тут же получили приглашение из-за рубежа. У нас целыми лабораториями уезжали.

— Это потеря энергии?

— Да, потеря энергии за короткое время. Подобно тому, как бактерии в питательной среде ищут другой источник питания. Для России это потеря энергии! Но потеря выражена не в килокалориях, а в интеллекте.

Мы знаем, что можно интеллект выразить в рублях в конечном счёте, потому что его наличие экономит время ответов на внешние вызовы. Но интеллект бывает молодой и старый. Старый — это память, накопленный опыт. С ним тоже нужно осторожно обращаться, потому что система с большой памятью — это плохая система.

— Почему?

— Она может быть крайне консервативна. Найти что-то необходимое в такой памяти — тяжёлая работа, иногда проще вывести что-то заново. Интернет, конечно, сильно облегчает решение таких задач, но постепенно он превратился в мусорную корзину,



Редакция журнала «Наука и жизнь» в Институте биофизики в Пущино. В роли гида — Генрих Романович Иваницкий (справа). На фото слева направо: Игорь Константинович Лаговский, Генриетта Николаевна Малевинская, Рада Никитична Аджубей, Михаил Петрович Изюмов. 1986 год, Пущино.

потому что там теперь нужно распознать, истина это или глупость. А это тоже требует времени и энергии.

Вообще, мы живём не в детерминированном мире, а в вероятностном. Ничего не можем предсказать с высокой достоверностью. Мы можем что-то предсказать только в том случае, если внешняя среда у нас постоянна. А она всегда переменна. Теперь изменения происходят быстро. Почему у многих ностальгия по сталинским временам? Среда была постоянна, если не касаться репрессий. Это как дамоклов меч — висит, но не падает на всех.

— ...Напоминает ситуацию с ковидом — многие живут, испытывая иллюзию, что их это никогда не коснётся, поэтому вакцинироваться и носить маски не надо.

— Сейчас внешняя среда очень переменная, поэтому многие вещи, которые были привычны, теперь фактически исчезли. Каждый выстраивает вокруг себя купол, чтобы ничего туда не проникало.

— Генрих Романович, вы ведь ещё занимались разработкой тепловизоров, которые могут диагностировать различные заболевания. Они внедрены в практику,

имеются в аэропортах, с их помощью диагностируют повышенную температуру при ковиде. Сейчас вы это не развиваете?

— Есть области, где тепловидению можно найти применение, и его уже находят. Это планирование операций, когда по картинке в инфракрасной области можно увидеть, где идёт нагрев. Возможна диагностика воспалительных заболеваний. Интересно посмотреть, можно ли через тепловой портрет человека наблюдать за динамикой воспаления. Ведь важна ранняя диагностика, а не тогда, когда воспаление уже началось. Но для этого надо поднять чувствительность тепловизоров раза в три.

— Возможна ли ранняя диагностика рака?

— Мы её делали. Там получается довольно большой разброс. Потому что опухоль, даже если она не злокачественная, тоже потребляет энергию и является источником тепла. А характерной является форма сосудов, подходящих к опухоли — по такой картинке можно делать диагностику. Но всё равно вероятность определить, что это именно раковая опухоль, где-то под 70%. Без биопсии вы не обойдётесь. Хотя и с биопсией бывают ошибки.

Наши сотрудники сейчас работают по теме ранней диагностики рака с Сеченовским университетом. И основные силы направлены на то, чтобы сделать прибор, у которого чувствительность повысилась бы в несколько раз. Это возможно, но очень сложно, потому что на каждый пиксель надо «посадить» линзу, ведь там микронные расстояния. Если получится, мы сможем сделать большой скачок, рассматривая организм человека в целом как тепловую машину, и точно диагностировать по рельефу выделяемого на разных участках тепла, что может выйти из строя. И, кроме того, это может научу сильно продвинуть, потому что тогда мы сможем видеть все перетекания тепла в мозге под черепной коробкой. На мышах смотрели — видно, но, с низким разрешением. Если чувствительность будет высокая, можно будет наблюдать, как меняется тепловая энцефалограмма.

— Реально ли внедрить такие приборы в поликлиниках, чтобы на ранних стадиях обнаруживать различные патологии?

— Всё зависит от того, какой результат вы хотите получить. Если предварительный, то можно использовать примитивный приборчик, подобный современному телефону с инфракрасной фотокамерой. Они уже применяются. Большого человека «вытаскивают» из толпы и отправляют в обсерватор. Это сравнительно простая задача. Мы хотели, чтобы во всех «Скорых» были такие приборы. Сейчас, надеюсь, будет налажено их производство. А что касается более чувствительных приборов, то на первых порах они будут дорогими. Хотя ясно, что это вопрос времени.

— Генрих Романович, судя по тому, что у вас до сих пор висит в кабинете портрет Феликса Белоярцева, драматическая история с перфтораном по-прежнему вас волнует...

— Она — часть моей жизни. Я должен был отстоять доброе имя Феликса Фёдоровича. Собственно, я потому и начал заниматься перфтораном — надо было доказать, что такой газотранспортный кровезаменитель следует выпускать массово, и это не профанация.

— Сейчас его разработку удаётся применять?

— Весьма ограниченно. Дело в том, что в начале 2000-х мы получили патенты и прошли все фармиспытания, но нам денег Академия наук не дала. Поэтому пришлось это всё делать в виде акционерного общества. А ещё инфляция, приходилось придумывать варианты, чтобы не прогореть. Но всё равно мы медленно прогорали. Когда мы объявили очередное расширение пакета акций, то акции скупили ребята, которые на биржах работали. Они взялись за работу, начали выпускать искусственную кровь, как её тогда называли — «голубую кровь», или перфторан. Это довольно долго продолжалось, больше 15 лет. А потом надо было лицензию возобновить, обновив производство, потому что нам поначалу дали временную лицензию на производство, и помещение для производства не отвечало международным стандартам. Новые руководители фирмы совершенно не хотели вкладывать деньги. И решили поступить очень просто: чем строить завод, тратить время и деньги ещё и на строительство, они все лицензии и патенты продали за рубеж, в Мексику.

За дальнейшей судьбой перфторана я не следил, но слышал, что мексиканцы объединились с американцами и выпускают препарат под другим названием. Кроме того, возникла ещё одна проблема — резко подорожали жидкые перфторуглероды и поверхностно-активные вещества. Это субстраты перфторана. Перфторуглероды бывают трёх сортов: жидкые — фреоны, которые в холодильниках, они из не очень дорогих. Твёрдые — тефлоны, применяемые, например, для изготовления сковородок или лыж, тоже не очень дорогие. А жидккие, которые использовались в искусственной крови, подорожали существенно. Теперь, чтобы их в массовом порядке производить, надо запускать большие установки, тогда они подешевеют. Сейчас спрос невелик и, естественно, стоимость становится высокой.

Кроме того, за этот период наша медицина подросла, стали делать приличные запасы донорской крови, её научились разделять на фракции. Геморрагический шок всё же редкое явление. Поэтому сама эта разработка уже не так актуальна.

— Но в Америке она всё же применяется?

— Там пошли по другому пути. Стали развивать диагностику человека как машины.

Его засовывают в электронный «гробик», где снимают ЯМР, КТР — всё сразу, все сосуды смотрят и выводят на большой компьютер. Но для этого нужен контрастёр. Поскольку жидкие перфторуглероды имеют высокий удельный вес, это плотные вещества, то если их чуть-чуть ввести в организм, они высвечивают все сосуды человека. Контрастные вещества были и раньше, но на тяжёлых металлах, и это было плохо, небезопасно, а с перфторуглеродами никакой опасности нет.

— А у нас эти вещества не могут иметь применения?

— Евгений Ильич Маевский — ученик Беляевцева и мой — их исследует. Он пытается применить перфтораны к лечению от ковида. Идея была такая: когда началась пандемия, стало ясно, что этот вирус действует на мембранные клеток. И если подсунуть в кровь перфторуглерод, который временно и слегка модифицирует мембранные, вирус не сможет прикрепиться к клетке, и сразу упадёт его размножение. Так «по идеи» можно лечить пациента. Но широкого применения это не нашло, потому что сейчас вакцины сделали, и потребность в таком лечении стала меньше.

Но возможны и другие применения. Скажем, чистка сосудов, улучшение микроциркуляции крови. Сосуды у нас довольно сильно засоряются, к старости особенно. Это и к гипертонии приводит, и к инсульту может привести. Если понемногу вводить в кровь перфторуглероды, можно очищать системы кровотока.

— Генрих Романович, вы ведь опубликовали много работ на тему искусственного интеллекта...

— Меня всегда интересовала робототехника. Причём интересовали не столько роботы, сколько люди. Я задавался вопросом — где предел? Всё ли мы можем сделать в виде искусственного варианта? И пришёл к выводу, что пока чёткой градации не существует, но можно сказать, что есть некоторые ситуации, которые нельзя описать математически. Если можно описать математически, то можно сделать программу. В 2018 году в журнале «Успехи физических наук» я опубликовал статью «Робот и человек. Где находится предел их сходства?». Я уже говорил, что на квантовом уровне исполнение

одно, на макромолекулах белков — другое. У человека, в его внутренних системах, и у социальных систем при взаимодействии людей алгоритм один и тот же, а исполнение совсем разное. Поэтому наше мышление абсолютно не такое, как у роботов, где исключительно электронные схемы.

Когда я начинал эту тему, я думал, что природа сделала какую-то глупость: идёт сначала электрический импульс, доходит до цели и вдруг переходит в химическую форму. Зачем, казалось бы? Можно было бы электрически передать — и всё. А вот теперь я понимаю, что эмоций бы не было, потому что в данную систему нужно замешивать гормоны. А гормональная передача — более древняя. Потому что она химическая и жидкостная. Нервная передача возникла позднее, но не рассталась с гормональной. Поэтому есть эмоциональная окраска, и решение задач происходит по-разному, в зависимости от того, какая окраска. Например, окраска образа Фигаро у Моцарта в опере «Свадьба Фигаро» и у Россини в «Севильском цирюльнике» эмоционально разная, и восприятие их разное.

— Нужно ли вообще пытаться воспроизвести интеллект искусственно?

— Конечно нет. Вопрос другой: что мы знаем о том, как в виде системы работает наш мозг? Мы узнаем это полностью тогда и только тогда, когда сможем воспроизвести искусственно наше сознание и сравнить его с реально существующим в нашем мозге. Только тогда можно будет сказать, что мы знаем. Это не столько нужно, чтобы роботов сделать, похожих на человека, сколько для развития биомедицины, чтобы человека лечить и продлять его активную жизнь.

— Как вы думаете, мы когда-нибудь узнаем всё про работу мозга?

— Наука не может остановиться. Есть теорема Гёделя, что на границе познания возникают противоречия. Там возможен любой исход доказательства — и да, и нет. У человека всё время расширяется пространство познания. Человек вышел в космос, опустился на дно морское, расширил свои горизонты. Расширяются границы, что неизбежно увеличивает скорость возникновения новых задач, обладающих неопределённостью при попытке найти их решение. Мы до сих пор не знаем всего, скажем, о постоянных, которые

есть во всех учебниках, — постоянная Планка, скорость света и прочее. Действительно ли они постоянные для любой системы? В нашей системе они постоянны. Но не исключена возможность, что где-то на границе расширения нашей Вселенной есть другая вселенная, где законы совсем другие. Там другие постоянные, другие «люди», другое мышление — всё другое.

Более того, мы же столкнулись с мыслящей системой только один раз, на нашей планете. Существуют ли они на других планетах, мы опять не знаем. И будет ли это так же развиваться? У нас главным фильтром была вода. А если это будет не вода, а что-то другое? Кремниевая жизнь вполне возможна, потому что кремний ничуть не хуже углерода. Это будет быстрая система, на электронах. Но в водной среде ничего не выйдет, потому что соединения кремния с водородом в воде неустойчивы, будут расщепляться, и система не выживет.

Фторуглеродная система — тоже возможна, где водород замещается на фтор, и будет фторуглеродный «человек». Но какой он будет, какая среда для этого нужна, есть ли такая среда? Мы пока не знаем. Поэтому вопрос о вариантах жизни всегда философский, пока применимый только для научной фантастики.

— И всё-таки, что вам удалось понять о мозге?

— Я понимаю сейчас вот что: появление коры, особенно у сложных млекопитающих, приматов или человека — это новый код с кратковременной памятью. Он необходим, чтобы адаптироваться к внешней среде, поскольку среда всё время меняется, а наша генетика более или менее постоянна и меняется на основе отбора медленно.

Человек не может функционировать в изменяющейся среде только на основе прошлого опыта. А генетика нам задаёт то, что в электронике называют «железом». Саму программу она задать не может. Программа должна развиваться с учётом внешней среды. И поэтому мозг — это устройство, появившееся и развившееся в результате естественного отбора, которому он был необходим. Хотя элементы мозга собираются на основе генетики, но само наполнение идёт за счёт адаптации. И это абсолютно кинетическая система. Мозг не останавливается, как и сердце.

— А что бы вам хотелось понять в первую очередь?

— Я всё-таки хочу понять, как стыкуется квантовая механика и теория относительности с работой мозга. Потому что все описания, которые есть в учебниках, построены на ньютоновской механике, а я думаю, что этого недостаточно.

— Некоторое понимание работы мозга, которое у вас есть, даёт вам какое-то преимущество? Вы лучше управляете собой, лучше справляетесь с эмоциями?

— Наверное. Вообще знание всегда даёт какое-то преимущество.

Ты не веришь на слово, когда тебе какой-нибудь врач ставит какой-то диагноз без должной проверки. Ты сразу понимаешь, что это однобокий подход.

Вообще, признаюсь, я редко хожу к врачам. Но это не моя заслуга, я, по-видимому, удачно выбрал родителей. Кроме того, в нашей больнице есть опытный врач моего возраста, я его знаю давно, как только он молодым появился в Пущино. У нас часто рождаются научные дискуссии. Это полезно для здоровья и интересно.

Интервью закончилось. «Можно поставить точку. Но хотелось бы поставить длинное многоточие», — дописал Генрих Романович, визируя текст. Будем ждать дальнейших результатов его исследований — и рассказа о них.

Статьи Г. Р. Иваницкого в журнале «Наука и жизнь»:

- Сtereология.** — 1972, № 9.
Физика исследует живое. — 1984, № 10.
Волны поколений в городе. — 1986, № 12.
Кто должен сказать «да»? — 1987, № 3.
Почему погиб Вавилон? — 1987, № 9.
Достаточно ли разумен Гомо сапиенс. — 1988, № 3.
Международная видеоэнциклопедия. — 1989, № 10.
Люди и микроорганизмы. Социальная жизнь. — 1996, № 10.
Переливание крови: против, за и альтернатива. — 1999, № 2.
Иваницкий Г., Деев А. **Вернисаж находок. К 200-летию со дня рождения А. С. Пушкина.** — 1999, № 6.
Удивительно, когда прогнозы сбываются. — 2004, № 12.
Вернисаж инфракрасных портретов. — 2005, № 8.
Танец маленьких лебедей и деление хромосом. Памяти академика Г. М. Франка. — 2014, № 12.

ЕЩЁ НЕ КРОВЬ, НО УЖЕ НЕ ВОДИЦА

Р. СВОРЕНЬ,

специальный корреспондент журнала «Наука и жизнь».

Летом этого года, в самый разгар знойного московского августа, проходил в столице Первый Всесоюзный биофизический съезд. Он был торжественно открыт в большом и нарядном Государственном концертном зале (гостиница «Россия»), а потом двадцать секций съезда в течение недели работали в университетских аудиториях физфака и биофака на Ленинских горах. Слово «Первый» в названии съезда может показаться странным — нашей биофизике уже более шести десятилетий (кстати, одним из первых научных центров, созданных в советской Москве, был Биофизический институт), и за это время биофизики не раз собирались на разного рода научные конференции, симпозиумы, совещания и т. п. Но вот именно съезд проводился впервые, и в отличие от иных научных собраний он должен был, как пояснили компетентные люди, собрать специалистов всех — именно всех! — биофизических направлений, дать общую, интегральную картину, произвести фронтальную инвентаризацию сделанного.

[...]

Естественно, и речи быть не может о том, чтобы в журнальных заметках отразить все интересные проблемы, обсуждавшиеся на съезде. О некоторых из них со временем наверняка будет рассказано в журнале, о некоторых уже рассказывалось (см., например, «Наука и жизнь» № 2, 1980 г. — статья «Эти удивительные волны в активной среде»; № 12, 1981 г. — «Зрительный пурпур — родопсин»; № 3, 1981 г. — «Подвижный ген»; № 6, 1979 г. — «Этапы биоэнергетической эволюции» и другие публикации). Здесь же для относительно подробного пересказа выбрана одна тема, ей отчасти был посвящён секционный доклад Ф. Ф. Белоярцева, Г. Р. Иваницкого, И. Л. Кнунианца, Б. И. Исламова, Е. И. Маевского, К. Н. Макарова, В. С. Симоненко, С. М. Чилая «Жидкостно-мембранные оксигенации крови и изолированных органов».

По нашей просьбе один из начинателей этих работ в стране, доктор биологических

наук Феликс Фёдорович Белоярцев (по образованию врач, ныне руководитель лаборатории Института биофизики АН СССР в Пущино-на-Оке) рассказал о большой интересной проблеме, которая была затронута в докладе лишь частично, порекомендовал отечественную и зарубежную литературу, снабдил оттисками научных статей. Именно из этой обильной информации родился публикуемый ниже рассказ, тема которого официально именовалась бы так: «Перфторуглероды в биологии и медицине».

По многим показателям можно отличать одного человека от другого — рост, вес, место жительства, социальное положение, цвет глаз, зарплата, жилищные условия, возраст... Но есть линия, которая без всякого учёта этих параметров делит всё человечество на две части — на людей, в данный период беззаботных, счастливых, и тех, кому плохо, кого придавило горе. С какой-то удивительной лёгкостью, бывает, перебрасывает человека судьба через невидимую эту граничную линию — вот только что ты был весел, весь во власти житейских радостей, мелких забот, и вдруг какой-то неуловимый поворот событий, быстро гаснут все краски, уходит куда-то шумный весёлый мир, и ты уже отбиваешься, как можешь, от безжалостных чёрных драконов беды.

Прекрасным весенним днём, в воскресенье, в далёкой стране NNN, в маленьком городе NN, гуляла восьмилетняя девочка N со своими родителями по людным улицам. Вдруг, пытаясь поймать выскочивший из рук мячик, она выбежала на дорогу и мгновенно была сбита проезжающим автомобилем — в одну секунду трёх только что счастливых людей будто какой-то волной перебросило в мир непоправимой трагедии.

Девочку N удалось быстро доставить в госпиталь (кстати, единственный в городе NN), где у неё обнаружили несколько

НАУКА И ЖИЗНЬ
ХРЕСТОМАТИЯ

не очень тяжёлых травм, однако огромную потерю крови — почти шестьдесят процентов. При такой кровопотере человек не может жить. С одной стороны, потому, что в сложной гидравлической машине кровоснабжения остаётся недопустимо мало рабочего вещества, мало жидкости. Ну а кроме того, слишком мало остаётся эритроцитов (красные кровяные тельца, своего рода микробаллоны для перевозки газов), чтобы разнести всем потребителям, всем органам и тканям нужное количество кислорода и вывести отходы производства — углекислый газ. Если в организме осталось 50—60 процентов крови, то её можно, грубо говоря, развести пожиже, пополнить сосудистую систему плазмозаменителем, жидкостью с определёнными физическими свойствами. При этом вся гидравлика будет работать нормально, а оставшегося количества эритроцитов кое-как, но хватит, чтобы снабжать органы ткани кислородом. Но если потеряно 60 процентов крови, если остаётся меньше половины того, что должно быть в сосудах, то помочь может только донорская кровь с хорошим содержанием эритроцитов и, разумеется, кровь именно той группы, которая нужна больному.

В госпитале, куда привезли девочку, возникло чрезвычайно серьёзное осложнение: имевшаяся в распоряжении врачей консервированная кровь нужной группы давала отрицательные пробы (эритроциты донорской крови склеивались сывороткой крови самой девочки), а значит, переливать эту кровь ни в коем случае нельзя было. Такое иногда бывает, если больному раньше, может быть, даже очень давно, уже переливали большое количество крови, и на многие её белки иммунная система организма выработала антитела — организм в какой-то мере оказался иммунизированным к чужой крови. В таких случаях приходится искать, как говорят врачи, индивидуального донора, чья кровь ещё не знакома организму и поэтому её введению организму не сопротивляется.

Чтобы найти индивидуального донора, нужно время — не всегда среди окружающих может оказаться человек с нужной группой крови и, что теперь принципиально важно, без содержания в ней белков, не воспринимаемых организмом больного. Во всяком случае, в госпитале города NN найти индивидуального донора для девочки N не удалось.

Это сообщение привело в шоковое состояние самих врачей, склонившихся над операционным столом, — положениеказалось безнадёжным. И вот тут один из хирургов вспомнил свой недавний разговор с приятелем биофизиком, который занимался разработкой кровезаменителей на основе перфторуглерода. В отличие от всех других такой заменитель не просто жидкость, заполняющая сосуды, он активно участвует в газообмене, переносит кислород и поэтому эквивалентен донорской крови, причём вводить его можно больным с любой группой крови. Биофизик рассказал, что уже есть много удачных результатов переливания перфторуглеродных заменителей животным, практически успех стопроцентный. Но в то же время эксперименты ещё далеко не закончены и официального разрешения на передачу в клинику пока не получено. А в стране NNN с этим делом очень строго.

«Но какое это сейчас имеет значение, — подумал молодой хирург, выбегая в ординаторскую, где в портфеле лежала его записная книжка с телефонами. — Мы должны рискнуть... У нас просто нет другого выхода...» Всё складывалось на редкость удачно: биофизик, несмотря на воскресенье, оказался в лаборатории и сразу же согласился взять на себя причитающуюся ему долю ответственности. Сам он на работу ходил пешком, но у работавшей с ним в этот момент сотрудницы оказалась машина, и буквально через десять минут в госпиталь доставили большую, видимо, двухлитровую колбу с мутноватой белой жидкостью — перфторуглеродным заменителем крови.

За это время решительный молодой хирург успел переговорить с родителями девочки, ожидавшими в вестибюле, и предупредить коллег в операционной. Понимая безнадёжность сложившегося положения, они без колебаний решились на переливание новой для них «синтетической крови».

Решимость была вознаграждена — уже через несколько минут после переливания эмульсии у больной появились обнадёживающие симптомы, через час состояние её улучшилось настолько, что хирурги смогли завершить свою работу, через сутки девочка пришла в сознание, а через несколько недель счастливые родители смогли забрать её домой с надеждой на полное выздоровление.

Этот случай был описан в специальной литературе и долгое время служил предметом

обсуждения в медицинских кругах далеко за пределами города NN. Высказывания специалистами делались самые разные: нередко весьма негативные, но иногда и одобрительные. Что же касается далёких от медицины горожан, то они были единодушны: девочку спас счастливый случай.

Что поделаешь — любим мы, далёкие от медицины горожане, это универсальное объяснение — «повезло», «счастливый случай», всегда приятное, но часто, между прочим, несправедливое. Потому что счастливое свершение, которое мы называем случайным, нередко имеет невидимого миру автора. Зло, разрушение как-то само делает своё дело, а вот добро, созидание требует немалых усилий. Стихия может сорвать палатку или даже разрушить дом, но никогда не увидишь, чтобы дуновением ветра сам собой сложился захудалый шалаш, чтобы кучка кирпичей самособралась в дымоходную трубу. Поправился человек, отбился от пневмонии — конечно же, повезло. Но только никакого такого везения могло не получиться, если бы не невидимые больному труженики — создатели, исследователи, испытатели мощных лекарственных препаратов.

Конечно, повезло и девочке N из города NN: молодой хирург вовремя вспомнил о своём приятеле биофизике, тот в критический момент оказался на месте и т. д.

Но главное всё-таки в том, что кто-то додумался применять перфторуглерод в качестве кровезаменителя, кто-то создаёт наиболее пригодные для этого разновидности кровезаменяющих эмульсий, кто-то тщательно их исследует, готовится к ответственному шагу — передаче нового препарата в клинику. Все эти люди, хоть сами они об этом задумываются редко, — авторы многих будущих счастливых случаев.

Применением перфторуглерода в биологии и медицине занимаются сравнительно недавно, лет 10—15. Основные исследования ведутся главным образом в Японии, США и у нас. Несколько слов о главном герое — приставка «пер-» означает «полностью», и, таким образом, «перфторуглерод» переводится как «полностью фторированный углерод». Есть и другое название — ПФОС, оно расшифровывается так: «полностью фторированное органическое соединение». Структурная формула ПФОСов (перфторуглеродов) — это бензоль-

ное кольцо с шестью фторсодержащими группами, прикреплёнными ко всем шести атомам углерода (см. рис. 1 на цветной вкладке). Таким образом, фтор, в чистом виде опасный для организма, в этих соединениях закрыт углеродом и полностью обезврежен.

Перфторуглеродов (ПФОСов) существует огромное множество, различаются они главным образом группой, содержащей фтор. Многие из ПФОСов — это жидкости, представляющие большой интерес для биологии и медицины. И вот почему: при полной биологической инертности перфторуглерод оказывается прекрасным хранителем газов, в частности кислорода и углекислого газа. Газы просто растворяются в жидком перфторуглероде, молекулы газа как бы прячутся между молекулами жидкости. Газы, конечно, растворяются в любой жидкости, но для ПФОСов показатель растворимости очень высокий. Если в литре воды может раствориться 1—2 миллилитра газообразного кислорода (0,1—0,2 объёмного процента), то в литре некоторых ПФОСов его растворяется 400—500 миллилитров, то есть 40—50 объёмных процентов. Ещё лучше растворяется в ПФОСах углекислый газ — до 190 объёмных процентов, то есть в литре жидкости «прячется» почти два литра газа. Эти показатели лучше, чем у настоящей крови, — гемоглобин эритроцитов, содержащихся в литре крови, связывает примерно 200 миллилитров кислорода, 20 объёмных процентов.

К сожалению, чистый перфторуглерод нельзя использовать как кровезаменитель — у него иные, чем у крови, физические характеристики, в частности плотность. Поэтому приходится вводить в кровезаменитель добавки, создавать эмульсии, у которых растворимость газов несколько ниже — 7—10 объёмных процентов. Но всё равно это в десятки раз лучше, чем у традиционных кровезаменителей, которые, как уже отмечалось, в кровеносной системе главным образом восполняют потерю жидкости и способствуют выведению из организма некоторых токсичных веществ (вместе с жидкостью). В газообмене традиционные кровезаменители практически не участвуют — газы растворяются в них так же плохо, как и в воде. (Любопытный факт — в предвоенные годы молодой одесский врач А. А. Бабский пропагандировал

использование морской воды с некоторыми добавками в качестве кровезаменителя; по плотности и набору солей морская вода очень близка к плазме крови, что, возможно, связано с нашим океаническим происхождением; плазмозаменитель АМ-4 Бабского был разрешён для применения в клинике, он широко выпускался во время Отечественной войны.)

Перфторуглеродная эмульсия «работает», как и обычная кровь, — в лёгких она насыщается кислородом, в тканях отдаёт его и насыщается углекислым газом, который выбрасывает, возвращаясь в лёгкие. Кроветворные органы постепенно вырабатывают и добавляют в кровоток форменные элементы (эритроциты, тромбоциты, лейкоциты и др.), «искусственная кровь» со временем заменяется настоящей. В экспериментах на животных успешно проводили полную замену крови на перфторуглеродную эмульсию, и все собачки, сосуды которых в какой-то момент вместо крови полностью заполняла синтетика, после этого довольно быстро вернулись к нормальному кровообращению и благополучно живут уже несколько лет.

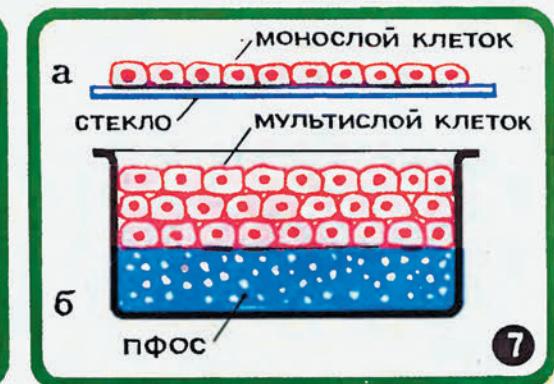
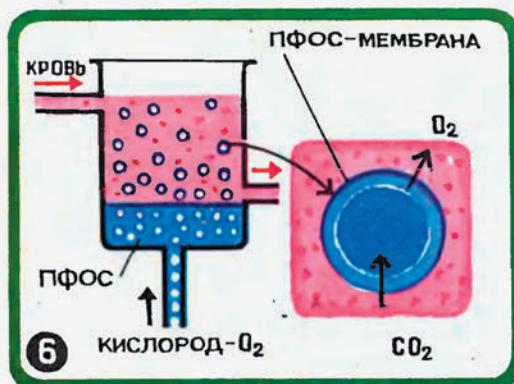
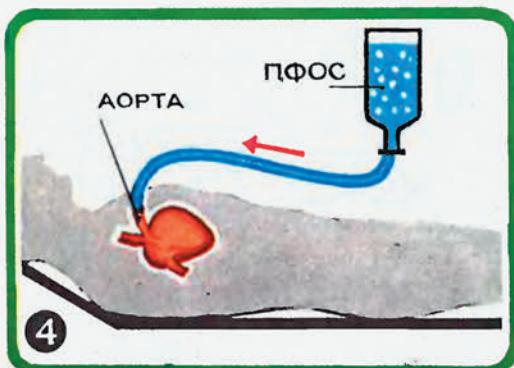
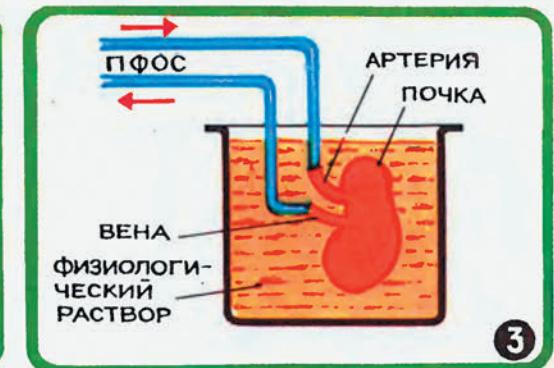
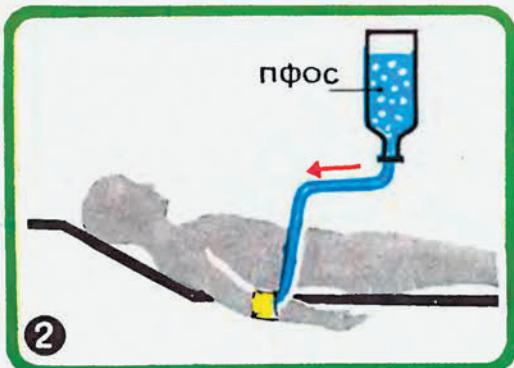
За рубежом уже накоплен некоторый опыт клинического использования перфторуглеродных кровезаменителей — в Японии, например, через частичную (иногда до 70 процентов) замену крови прошло уже около 200 человек-добровольцев и тех, кто попадал в безвыходное положение.

Если всё так хорошо, хочет, видимо, заметить читатель, то почему фторуглеродным эмульсиям не открывают широкую дорогу в клинику? Почему эту «искусственную кровь», которую можно выдавать врачам цистернами, не используют широко вместо донорской крови, которую получать и сохранять, мягко говоря, не слишком легко? Ответ прост — пока ещё, к сожалению, не всё так хорошо, как хотелось бы.

Начать с того, что, обеспечивая газообмен не хуже настоящей крови, перфторуглеродные эмульсии никак не выполняют многих других её функций, жизненно важных для организма. Перфторуглерод — только временная замена, может быть, даже кратковременная: кроветворные органы должны как можно быстрее заменить этот заменитель, вытеснить его из организма. И вот здесь и скрыта главная неприятность — некоторые составляющие перфторуглеродных эмульсий выводятся плохо и надолго оседают в орга-

низме. Пока вроде бы не замечено неприятных последствий такого оседания, однако же вопрос требует тщательного и, видимо, длительного исследования, что как раз и задерживает широкое применение новых кровезаменителей. Уместно заметить, что в последнее время получено немало обнадёживающих результатов. Созданы, например, перфторуглеродные эмульсии, компоненты которых в основной своей массе выводятся из организма уже не за годы, а за месяцы.

Кстати, кровезаменители — не единственная область применения перфторуглеродов в медицине и биологии. У них есть немало других медико-биологических специальностей, тоже очень важных и перспективных: на жидких перфторуглеродных плёнках намного лучше, чем на традиционных твёрдых подложках, выращиваются клетки для биологических и медицинских экспериментов (цветная вкладка, рис. 7); используя перфторуглерод, можно резко увеличить срок сохранения (переживания) препаратов различных тканей (например, срезы сердечной мышцы), необходимых в биологических, медицинских, фармакологических исследованиях; прокачивание перфторуглерода позволяет длительное время сохранять органы, консервируемые для трансплантации (рис. 3); используя ПФОС, можно реализовать фантастическую идею дыхания млекопитающих в жидких средах (см. рис. 5) — лёгкие животного вместо воздуха наполняют перфторуглеродом, насыщая его кислородом; дыхание при этом более активно, чем в воздушной среде; после «жидкостного дыхания» подопытных собак переводили в нормальную воздушную среду, и в ткани лёгких не было обнаружено каких-либо изменений; если удастся разработать метод «жидкостного дыхания» для человека, то водолазы смогут опускаться на большие, чем сейчас, глубины, не опасаясь азотного или иного газового отравления, и быстро подниматься на поверхность, не опасаясь кессонной болезни; «жидкостное дыхание» может заинтересовать медиков как средство промывания лёгких при ряде тяжёлых заболеваний органов дыхания; перфторуглерод может использоваться для интенсивного снабжения кислородом некоторых органов во время сложных операций (рис. 4); может быть создано искусственное лёгкое на жидких фторуглеродных мембранных (рис. 6) — в нём насыщение крови



кислородом (оксигенация) происходит в более благоприятных условиях, чем в нынешних оксигенаторах, где столкновение движущейся крови с твёрдыми деталями установки приводит к постепенному разрушению форменных элементов. На Первом биофизическом съезде было рассказано о разработке и успешном испытании модели перфторуглеродного искусственного лёгкого, где кровь без заметных повреждений насыщается кислородом более 30 часов, в то время как в традиционных искусственных оксигенаторах уже через 6 часов форменные элементы разрушаются настолько, что кровь нужно заменять. Именно этот доклад послужил поводом для рассказа об использовании ПФОСов, полностью фторированных органических соединений, в биологии и медицине.

Обращение именно к этой проблеме, одной из многих сотен, рассматривавшихся на съезде, как всякий субъективный выбор, можно оспаривать и критиковать. И автору остаётся лишь пояснить — тема выбрана, главным образом, потому, что уже сейчас, сегодня в её активе есть некоторые практические важные результаты. Но, конечно же, всякому ясно, что на огромном фронте современной биофизики исследуются самые тонкие механизмы жизни, добываются сведения, особо важные для понимания самой нашей природы, нормального функционирования организма и отклонений от нормы и что в этой научной сфере любые исследования, пусть даже сейчас самые отвлечённые, абстрактные, в итоге приведут к практическим результатам, жизненно важным для человека.

«Наука и жизнь» № 2, 1999 г.

ПЕРЕЛИВАНИЕ КРОВИ: ПРОТИВ, ЗА И АЛЬТЕРНАТИВА

Член-корреспондент РАН Г. ИВАНИЦКИЙ.

[...]

ВЕЩЕСТВА С АЛМАЗНЫМ СЕРДЦЕМ

Твёрдые фторорганические соединения (например, тефлон) более устойчивы к действию концентрированных кислот, щёлочей и других реагентов, чем благородные металлы — золото или даже платина. Знаменитый химик Джозеф Саймоне назвал их «веществами с алмазным сердцем и шкурой носорога». Однако биологов заинтересовала не только химическая устойчивость, но и невероятная способность жидких перфторуглеродов растворять газы. Они растворяют до 50 объёмных процентов кислорода и в четыре раза больше углекислого газа.

В 1962 году в журнале «Nature» англичанин И. Килстра опубликовал статью под сенсационным названием «Мышь как рыба». В эксперименте, проведённом этим исследова-

телем, мышь погрузили в физиологический раствор, который под повышенным давлением насыщался кислородом. И мышь не погибла. Четыре года спустя американские исследователи Л. Кларк и Ф. Голлан обнаружили, что такой эффект можно получить и при нормальном атмосферном давлении, если вместо воды применить жидкий перфторуглерод. Как бывает со всяким тонущим животным, лёгкие мыши наполняются жидкостью, животное погружается на дно стакана, но сохраняет способность дышать. В опытах Кларка крыса дышала до 10 минут, затем её вынимали из жидкости.

У нас этот эксперимент был повторён на мышах, хотя в наших опытах они не выдерживали столь длительного пребывания под слоем жидкости. Перфторуглероды в два раза тяжелее воды и в 1000 раз тяжелее воздуха, поэтому диафрагма лёгких мыши не может долго переносить такую нагрузку. Однако принудительное прокачивание перфторуглерода через лёгкие позволяло животному довольно долго дышать этой жидкостью. Столы наглядная демонстрация

газотранспортных свойств перфторуглеродов сразу привела к идеи использовать их как кровезаменители.

В начале 80-х годов мы провели эксперимент с инфузориями тетрахимена. Эти инфузории двигаются в ту сторону, где больше кислорода. Они периодически поднимаются к поверхностному слою за «глотком» воздуха, образуя при этом биоконвенционные потоки. Если кювету с водой, в которой находятся инфузории, перевернуть и поместить в банку с жидким перфторуглеродом, то тетрахимены не всплывают наверх, а двигаются по дну на границе раздела вода — перфторуглерод. Причина ясна: кислород поступает в воду из перфторуглерода. Этот эксперимент, так же как и эксперимент с мышью-утопленницей, показал, что различные организмы — от инфузорий до млекопитающих — могут усваивать кислород, который растворён в перфторуглеродах. Так начиналась история, завершившаяся созданием «голубой крови» — газотранспортной эмульсии для внутривенного введения. Ныне этот препарат, получивший название перфторан, пройдя все стадии клинических испытаний, используется как свободный от всех инфекций и не требующий групповой совместимости кровезаменитель.

У ИСТОКОВ СОЗДАНИЯ ПЕРФТОРАНА

Перфторан был создан большим коллективом различных специалистов. Разработка началась ещё в 1979 году по инициативе трёх исследователей: академика, генерал-майора-инженера Ивана Людвиговича Кнунянца, профессора, доктора медицинских наук Феликса Фёдоровича Белоярцева и автора этой статьи — биофизика.

Крупномасштабная отечественная программа «Перфторуглероды в биологии и медицине» (1980—1985 гг.) в конечном итоге привела к созданию перфторана. К сожалению, И. Л. Кнунянц и Ф. Ф. Белоярцев ушли из жизни, начав исследования, но не увидев их результата. Однако судьбы их сложились по-разному.

Если И. Л. Кнунянц, родоначальник отечественной школы фоторогаников, занялся проблемой кровезаменителей на закате своей научной карьеры, когда ему было уже более семидесяти лет, в зените отдаваемых ему заслуженных почестей, то Ф. Ф. Бело-



Академик И. Л. Кнунянц.

ярцеву в 1979 году было только 37 лет. Хотя у него уже имелись заслуги, выделяющие его из среды сверстников: потомственный врач, выпускник и гордость Астраханского медицинского института, автор нескольких книг по анестезиологии, участник бригады хирургов, руководимой легендарным М. Дебейки, оперировавшей президента Академии наук СССР М. В. Келдыша.



Профессор Ф. Ф. Белоярцев.

В 34 года Ф. Ф. Белоярцев стал доктором медицинских наук (случай для медицины нечастый), в 35 лет — заведующим отделением известного клинического учреждения России — Института сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева. В 38 лет он заведует лабораторией медицинской биофизики Института биологической физики АН СССР в Пущино. Здесь и начались его увлечение перфторуглеродами и работа над созданием газотранспортных эмульсий.

Вклад И. Л. Кнунианца к этому времени в различные области химической науки, как и в фармакологию, уже был хорошо известен и оценён Ленинской и несколькими Государственными премиями. Для Ф. Ф. Белоярцева перфторуглеродный газотранспортный кровезаменитель был первенцем, целью и страстью его жизни. Именно поэтому когда в условиях тоталитарной системы в 1985 году на голову Ф. Ф. Белоярцева обрушился шквал нелепых обвинений и он впервые столкнулся с действиями правоохранительной системы тоталитарного государства, клеветой и обысками, то, не выдержав травли, покончил с собой.

Людям старшего поколения хорошо памятна история «голубой крови» в период с 1982 по 1990 год, когда массовая печать была заполнена публикациями на эту тему. Исследования по созданию отечественного перфторуглеродного кровезаменителя искусственно были задержаны почти на шесть лет. Вряд ли целесообразно излагать здесь эту историю, поскольку теперь она уже описана в книгах и во многих журнальных и газетных статьях. К сожалению, мы часто говорим о лидерах нашей науки в прошедшем времени, похоронив их.

ХРОНИКА ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ

Апрель 1992 года. Независимые эксперты американской фармацевтической фирмы «Алльянс» (Pharm. Corp. Alliance, San Diego, USA) своими методами исследовали перфторан. Вице-президент фирмы «Алльянс» доктор С. Файтфул дал ему высокую оценку.

2 сентября 1997 года, Пекин. Открылся XII Международный конгресс по искусственным клеткам, кровезаменителям и иммобилизованной биотехнологии. В день открытия на пленарном заседании биофизики

из Пущино показали специально подготовленный к конгрессу десятиминутный фильм «Русский перфторан. Что это такое?»

Поскольку участники конгресса в своей массе не знали, что в России с 1990 года были возобновлены работы по созданию перфторуглеродных кровезаменителей, то сообщение о наличии русского коммерческого препарата, к тому же превосходящего по своим характеристикам японский препарат флюозол DA, было сенсацией. Сидящие в зале считали, что русские потерпели фiasco в этом направлении. И вдруг представители России сообщают, что перфторан существует, продаётся и широко используется в клиниках.

Сначала в зале царили недоверие и скепсис. После ответов на многочисленные вопросы они сменились повышенным интересом. Слушателей поразила и сравнительно низкая цена — 200 долларов за дозу 400 мл. Японский препарат почти в два раза дороже. Однако для отечественного рынка на фоне наших нищих ежегодных бюджетов, отпускаемых на здравоохранение, стоимость препарата выглядит внушительной. Но что делать? Его цена не связана с монополией на производство. Высокие энергоёмкие технологии и дорогое сырьё — вот причины.

8—9 октября 1997 года, Санкт-Петербург. В Военно-медицинской академии прошла Всеармейская научная конференция на тему «Физиологические активные вещества на основе перфторуглеродов в военной медицине». Я не буду утомлять читателя перечислением названий докладов, посвящённых различным областям использования перфторана в клиниках. Их было более семидесяти. Важен итог: экспертная комиссия, созданная Главным военно-медицинским управлением Министерства обороны России, рекомендовала препарат для использования в армии.

9—11 июня 1998 года, Пущино. В Институте теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук прошла X международная конференция «Перфторуглероды в биологии и медицине». Клиницисты из двенадцати городов России и Украины рассказали о применении перфторана в хирургии, терапии, офтальмологии и реаниматологии.

Так что история с «голубой кровью» всё-таки окончилась успехом.

НАУКА И ЖИЗНЬ СТО ЛЕТ НАЗАД

Паровозы — угроза для птиц

Паровозы быстро движущихся железнодорожных поездов наносят птичьему миру большие потери во время весенних и осенних перелётов. После одного только пробега экспресса от Страсбурга до Лудвигсгафена было найдено в дымовой коробке и среди нижнего строения паровоза 11 убитых птиц, что составляет, вероятно, только небольшой процент общего числа погибших во время этого пробега от столкновения с паровозом. Пока ещё не удалось найти способ уменьшить такое избиение птиц.

«Природа», 1922 г.

О сохранении яиц в свежем виде

По опытам профессора Я. Я. Никитинского, обмазка куриных яиц вазелином (0,04—0,06 г вазелина на яйцо) является хорошим средством для сохранения яиц в свежем виде при обычной комнатной температуре и влажности. За 65 дней хранения потеря влаги яйцами, смазанными вазелином, достигла лишь 0,552%.

«Природа», 1922 г.

Изучение голода

Голодовка городского населения в 1919 и 1920 году дала повод к исследованию физиологии голодаания. Сама жизнь поставила здесь опыт, на который ни один физиолог

не решился бы. Чуть ли не в первый раз в истории человечества массовое голодаание происходило и в научных центрах, где имеются налицо и кадры исследователей, и оборудованные лаборатории. Над человеком удалось проверить то, что уже было известно ранее по опытам над животными.

«Красная Нива», 1922 г.

Будущее радио

Недалёк тот день, когда в наших учреждениях будут стоять аппараты, посредством которых сотрудники будут не только обмениваться депешами; эти аппараты позволят слышать живое слово, пение, музыку обширным аудиториям; радиотелефон будет использоваться шире, чем обычный проводной телефон. Недалеко то время, когда каждый, находясь в своей квар-

тире, сможет слушать и видеть знаменитых ораторов и артистов, слушать и видеть оперы не только России, но и заграницы, будет переговариваться с друзьями, находящимися в других городах или путешествующими по суше и морю. Вся дорогостоящая сеть проводов телефона, телеграфа, да и передачи электроэнергии отойдёт в область предания. Улицы городов будут освещаться радиосветом в виде ярко светящейся воздушной сети. Электрическая энергия будет передаваться без проводов. Электропоезд, электроавтомобиль, аэропланы, суда — всё это будет питаться энергией от мощных радиостанций.

На фото: так может выглядеть в близком будущем домашний аппарат для общения на большом расстоянии.

«Сибирские огни», 1922 г.



ДЕСЯТЬ ЗНАЧИМЫХ СОБЫТИЙ 2021

Значимые научные события — это те, что заставляют нас иначе посмотреть на мир, которые ведут к развитию новых технологий, меняющих жизнь. Это итог многолетних трудов множества исследователей, занимающихся фундаментальными научными проблемами. Именно поэтому, как и год назад, в выбранных редакцией значимых научных событиях нет ничего, связанного с коронавирусом. Да, затянувшаяся эпидемия COVID-19 сильнейшим образом повлияла на нас, но она — подчеркнём это вновь — не дала нам никаких принципиально новых знаний ни о вирусах, ни о вызываемых ими болезнях. Лекарства и вакцины, которые используют против COVID-19, были разработаны давно, и пока что мы видим только их модификации, приспособленные к нынешней эпидемии. Впрочем, если говорить о вакцинах, то в минувшем году была опубликована научная работа, которая предлагает новый метод создания противовирусных вакцин — и вполне возможно, что этот метод поможет решить проблему любых вирусных инфекций. С него и начнём.

1

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ПРОЕКТИРУЕТ ВАКЦИНУ ПО ЛИНГВИСТИЧЕСКИМ ПРАВИЛАМ

Смысл любой вакцины — показать иммунитету, с чем ему предстоит бороться в будущем. «Действующее вещество» вакцины — это либо обезвреженный возбудитель болезни, либо его фрагменты, то есть молекулярные комплексы, отдельные молекулы или обломки молекул. Иммунитет чувствует чужеродные молекулы не целиком. Если говорить о

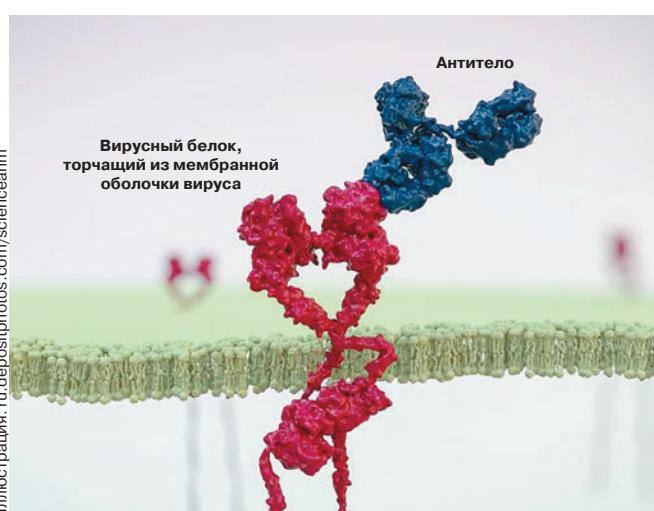
белках, то и иммунные клетки, и антитела реагируют только на отдельные участки в огромных белковых молекулах. И если мы создаём вакцину против вируса, то она должна показать иммунитету определённый участок какого-либо вирусного белка, по которому иммунитет узнает потом настоящий вирус.

Проблема в том, что некоторые вирусы сильно мутят

ируют. Вирусные белки устроены так, что вирусы могут позволить себе довольно существенные изменения в них, притом что белки будут продолжать работать, как надо. Но для иммунитета это катастрофа: вот только иммунные клетки запомнили, как выглядит тот или иной вирусный белок, какие антитела против него работают, как он уже изменился. Примеры сильно меняющихся вирусов — ВИЧ, против которого до сих пор нет вакцины, и вирус гриппа, вакцину против которого приходится регулярно модифицировать, подгоняя под новый штамм.

Однако даже в очень изменчивых вирусных белках есть зоны, не приспособленные к мутациям: если там что-то изменить, весь белок выйдет из строя. Такие неприкословенные участки со

Иллюстрация: ru.depositphotos.com/scienceamn



Антитела и иммунные клетки узнают чужеродные белки не целиком, а по определённым участкам. Чтобы создать надёжную вакцину против изменчивых вирусов, надо научить иммунитет распознавать в вирусных белках зоны, которые очень слабо мутируют.

ГОДА В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

временем тоже меняются, но очень медленно. Если бы мы умели находить в вирусных белках такие зоны, которые вирусы не способны менять, то можно было бы создать эффективные вакцины даже против очень изменчивых вирусов. Но как их искать? Сотрудники Массачусетского технологического института воспользовались для этого вычислительным методом, применяемым в обработке естественного языка — так называют большое направление искусственного интеллекта и математической лингвистики. Методы обработки естественного языка анализируют, насколько часто те или иные слова стоят рядом друг с другом. Если машина будет знать частоту совместного употребления слов, она сможет более или менее правильно дополнить недописанное предложение. Например, представим, что во фразе «мама мыла раму» нет слова «мыла». Искусственный интеллект, обученный методами обработки естественного языка, подставит туда глагол «красила» или «мыла», или, в конце концов,

«ремонтировала» — но там не будет стоять слов «ела», «говорила» или «думала».

Те же принципы использовали при анализе генетических последовательностей, кодирующих вирусные белки. В белке есть зоны, которые могут меняться, но при этом сам белок остаётся «осмысленным», то есть функциональным. И есть зоны, изменения в которых «обессмысливают» молекулу. Машинный алгоритм тренировали искать те участки в вирусных белках, которые способны сильно меняться, для чего использовали 60 тысяч последовательностей от ВИЧ, 45 тысяч последовательностей от вируса гриппа и 4 тысячи коронавирусных последовательностей. (На всякий случай уточним, что это не значит, что у ВИЧ есть 60 тысяч белков, просто один и тот же белок кодируется последовательностью, которая допускает множество мутаций в разных комбинациях.) Смысл обучения был в том, чтобы искусственный интеллект смог потом уже в незнакомом белке отличить неприкосновенные последовательности от свободно мутирующих.

После обучения машине предложили проанализировать три белка от ВИЧ, вируса гриппа и коронавируса SARS-CoV-2. В статье в журнале «Science», опубликованной в январе прошлого года, говорится, что в каждом из трёх белков алгоритм нашёл наименее изменчивые части, которые могли бы стать материалом для эффективной долгоиграющей вакцины. Иммунитет, натренированный узнавать малоизменяемые фрагменты вирусных белков, будет уничтожать вирусы вне зависимости от того, какие мутации появились у них в изменяемых частях.

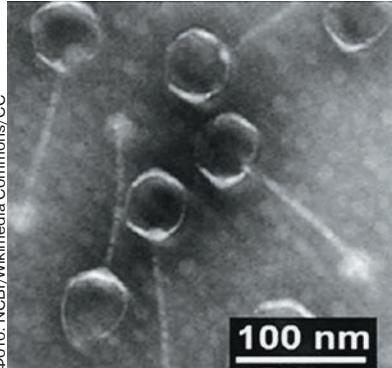
На самом деле такие выгодные мишени в белках вируса гриппа и ВИЧ ищут давно. Результаты машинного поиска вполне согласуются с теми результатами, которые здесь уже есть. Но в данном случае речь о том, чтобы создать метод проектирования вакцин, который работал бы как можно быстрее и с наибольшей эффективностью — не говоря уже о том, что использование приёмов математической лингвистики в биотехнологии само по себе кажется весьма примечательным.

Генетический алфавит — это буквы А, Т, Г, С, обозначающие азотистые основания аденин, тимин, гуанин, цитозин, которые входят в состав ДНК. (В РНК тимин Т заменён на урацил У.) Тройки букв образуют генетические слова — триплеты, или кодоны,

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛФАВИТ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

соответствующие разным аминокислотам. В двуцепочечной молекуле ДНК буквы двух цепочек связаны друг с другом водородными

связями, причём А всегда стоит напротив Т — между ними образуются две водородные связи, а Г стоит напротив С — между ними



*Электронная микрофотография бактериофага SH-Ab 15497, паразитирующего на бактериях рода *Acinetobacter*. Этот фаг — один из тех, которые используют в генетическом алфавите дополнительную букву Z.*

образуются три водородные связи.

У генетических букв могут быть разнообразные химические модификации, но в любом случае число связей в паре остаётся одно и то же. Однако ещё в 1977 году исследователи из Московского государственного университета опубликовали в журнале «Nature» статью, в которой описывали странную ДНК бактериофага S-2L, поражающего цианобактерий. У этого бактериофага в паре с тимином (T) стоял не аденин (A), а другое азотистое основание под названием 2-аминоаденин, которое для краткости назвали Z. Между Z и T было не две водородные связи, а три. Не все тимины в ДНК фага были в паре с Z, но большинство. И, учитывая тройную связь между ними, всё выглядело так, как будто вирус использовал альтернативную версию генетического кода.

До поры до времени бактериофаг S-2L считался просто странной аномалией, уни-

кальной в своём роде. Но на самом деле альтернативный алфавит оказался гораздо более распространён, чем могло показаться на первый взгляд. У фага S-2L есть особый фермент, который участвует в синтезе аденина и который создаёт вариант Z. Потом оказалось, что похожий фермент есть у фага, поражающего бактерий рода *Vibrio*, и в ДНК этого вируса тоже есть нестандартная генетическая буква.

В прошлом году сотрудники Института Пастера (Франция) вместе с коллегами из Германии, Бельгии и США опубликовали в «Science» две статьи: в первой описываются структура и функции фермента из фага бактерий *Vibrio*, создающего основание Z, во второй — гены альтернативных вирусных ДНК-полимераз. Эти белки нужны для копирования ДНК, они синтезируют новые цепи ДНК на шаблоне старых. Альтернативные ДНК-полимеразы, как можно догадаться, умеют манипулировать не только обычными генетическими буквами, но и нестандартной буквой Z.

Наконец, в третьей статье в «Science» говорится, что белки, необходимые для работы с азотистым основанием Z, есть как минимум у нескольких десятков бактериофагов. Более того, некоторые вирусы перенастраивают бактериальные ферменты, чтобы они помогали синтезировать Z, а специальные вирусные белки понижают уровень «стандартной» буквы A в бактериальной клетке, чтобы она не попала в их геном. Этую статью написали сотрудники Тяньцзиньского университета и других научных центров Китая, США и Сингапура, при

участии Ивана Худякова из Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (он был одним из соавторов статьи в «Nature» о необычном геноме фага S-2L).

Зачем вирусам понадобился изменённый генетический алфавит? Дело в том, что у бактерий есть особые ферменты, которые защищают их от вирусного вторжения. Когда в бактериальной клетке появляется фаговая ДНК, эти ферменты её узнают и разрушают. Но если в фаговой ДНК вместо буквы A стоит буква Z, то бактериальные защитные ферменты оказываются бессильны и вирус может спокойно размножаться дальше.

Кроме альтернативного алфавита, может быть и альтернативный код. Напомним, что код — это система триплетов, буквенных троек, кодирующих аминокислоты. Последовательность триплетов в гене соответствует последовательности аминокислот в белке, и когда белоксинтезирующая машина считывает код белка, она считывает его по тройкам. При синтезе белка нужно знать, где начинать и где заканчивать, поэтому кроме кодонов, кодирующих аминокислоты, есть ещё старт- и стоп-кодоны. Старт-кодоны дают сигнал начать синтез белка, одновременно они обозначают аминокислоту метионин. Стоп-кодоны дают сигнал закончить синтез белка и никаких аминокислот не обозначают.

Какое-то время код считался универсальным в том смысле, что у всех живых

организмов аминокислоты кодируются одними и теми же кодонами. Но потом выяснилось, что в генетическом коде есть вариации. Особняком стоит код митохондрий (энергетических клеточных органелл, у которых есть своя ДНК). Отклонения от стандартных значений триплетов есть у некоторых архей и бактерий — обычно у них используются альтернативные старт-кодоны, а некоторым стоп-кодонам присвоена какая-нибудь аминокислота (и

наоборот — аминокислотный триплет становится стоп-сигналом).

Но есть и более выдающиеся примеры: в ноябрьской статье в журнале «eLife» говорится, что у двенадцати микроорганизмов аминокислотные кодоны сменили значение с одной аминокислоты на другую. Иными словами, если в стандартном коде какому-нибудь триплету соответствует одна аминокислота, например аргинин, то в альтернативном коде тому

же триплету соответствует аминокислота триптофан. Очевидно, некоторым бактериям и археям как-то удалось изменить стандартный генетический код, хотя как именно это происходило в эволюции, понять довольно трудно. Может быть, альтернативные версии генетического кода какое-то время развивались вместе со стандартной версией, а может быть, они возникли как модификация стандарта.

Чтобы генетическая информация, записанная в ДНК, заработала, она копируется в РНК. На РНК синтезируются белки, которые выполняют большую часть молекулярных задач. Есть группа самостоятельных РНК — они не кодируют никаких белков, а действуют сами как регуляторы разных процессов. Ещё у многих вирусов (как, например, у SARS-CoV-2) генетическая информация записана сразу в РНК: в клетке она размножается и служит шаблоном для синтеза вирусных белков.

Долгое время считалось, что это универсальный закон или, как его ещё называют, основная догма молекулярной биологии — движение генетической информации от ДНК в РНК и потом, если нужно, из РНК в белок. Но затем были открыты ретровирусы (к которым относится ВИЧ) — у них геном в виде РНК, но на РНК они с помощью специальных ферментов могут синтезировать ДНК, которая встраивается в ДНК клетки. Синтез РНК на ДНК-шаблоне называется транскрипцией, а синтез ДНК на РНК-шаблоне — обратной транскрипци-

У ЧЕЛОВЕКА ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ МОЖЕТ ИДТИ В ОБРАТНУЮ СТОРОНУ

3

ей. Соответственно, белки, которые этим занимаются, называются транскриптазами и обратными транскриптазами. Из-за ретровирусов основную догму молекулярной биологии пришлось подправить: информация между ДНК и РНК теперь двигалась в двух направлениях. Но поначалу казалось, что никто, кроме ретровирусов, на такой трюк не способен.

И вот выяснилось, что на него способны все млекопитающие, включая человека. В статье в «Science Advances», опубликованной в июне прошлого года, рассказано про тета-ДНК-полимеразу млекопитающих, которая может синтезировать ДНК на РНК. Сам фермент и так был известен — это одна из четырнадцати ДНК-полимераз, которые синтезируют ДНК на ДНК. Они нужны для копирования генома перед клеточным делением и для исправления мутаций в ДНК. Однако сотрудники Университета Томаса Джейффер-

сона (США) обратили внимание, что одна из полимераз — тета-полимераза — в чём-то похожа на обратную транскриптазу ВИЧ. Оказалось, что тета-полимераза может синтезировать ДНК не только на другой ДНК, но и на РНК. Причём когда она копирует РНК в ДНК, она делает меньше ошибок, чем когда копирует ДНК в ДНК.

На самом деле у нас (и у других животных) есть ещё один фермент с похожей активностью — это теломераза. Её обычно вспоминают в паре с теломерами, концевыми участками хромосом, которые представляют собой много коротких повторов подряд и которые укорачиваются с каждым клеточным делением. Длина теломер — один из признаков биологического возраста: когда теломеры становятся очень короткими, это означает, что клетка состарилась, уже не может делиться и ей пора умереть. Фермент теломераза способен уд-

линять теломеры, правда, делает он это не во всех клетках, а только в стволовых (и в некоторых злокачественных). Чтобы удлинить теломерную ДНК, теломераза использует кусок РНК — то есть работает как обратная транскриптаза. Правда, та РНК, с которой работает теломераза, — особенная,

и теломераза носит её везде с собой. Поскольку теломеры — это короткие повторы, соединённые вместе в длинный хромосомный хвост, теломеразе достаточно небольшой РНК, чтобы удлинить теломеры. Иными словами, теломераза не совсем похожа на настоящую обратную транскриптазу — она

работает только с определённой последовательностью и с определённым РНК-шаблоном. Анастасия обратной транскриптазе всё равно, на какой РНК синтезировать ДНК. Наша тетаполимераза так и делает. Но какую роль она при этом играет в наших клетках, ещё предстоит выяснить.

4

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР ВЫЛЕЧИЛ ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ

Методы генной инженерии в последние годы всё чаще находят применение в медицине, хотя пока что каждый такой случай ещё тянет на выдающееся событие. В июньской статье в «The New England Journal of Medicine» описано, как с помощью генетического редактора CRISPR/Cas удалось справиться с наследственной полинейропатией. Она связана с белком транстиреином, который помогает транспортировать гормон тироксин и витамин ретинол. Транстиреин синтезируется в печени, в мозге и в сетчатке глаза. Как и у любого белка, у транстиреина есть уникальная трёхмерная форма, когда полипептидная цепь сворачивается в сложный ком при взаимодействии её аминокислот друг с другом и со средой. В случае транстиреина бывает так, что он сворачивается неправильно, и его молекулы начинают слипаться друг с другом, образуя в тканях белковые отложения — так называемые амилоиды (не путать с бета-амилоидом — одним из белков болезни

Альцгеймера). Транстиреиновые отложения-амилоиды накапливаются преимущественно в нервах и в сердце. Начинаются боли, развивается потеря чувствительности, сердце не может выдерживать большие нагрузки и т. д.

Некоторые мутации усиливают склонность транстиреина формировать белковые отложения — в этом случае болезнь называется семейной амилоидной полинейропатией. Болезнь можно остановить, если уменьшить количество транстиреина, появляющегося в организме. Как и любой другой белок, он синтезируется на РНК-шаблоне, который, в свою очередь, был скопирован с гена транстиреина. Лекарство патисиран заставляет клетку разрушить РНК, кодирующую транстиреин. Но новая РНК всё равно продолжает синтезироваться на гене транстиреина взамен разрушенной. Было бы лучше, если бы удалось как-то подействовать на сам ген, то есть на ДНК.

Для того чтобы подействовать на сам ген, сотрудники биотехнологических ком-

паний Regeneron Pharmaceuticals и Intellia Therapeutics использовали один из вариантов генетического редактора CRISPR/Cas. Подробно мы о нём рассказывали в связи с Нобелевской премией, которую дали его разработчикам («Редактор для генома», «Наука и жизнь» № 12, 2020 г.). В данном случае CRISPR/Cas находил в клетке ген мутантного транстиреина и просто разрезал его. Клетка, почувствовав повреждение в ДНК, включала ремонтную систему и заделывала разрыв, но заделывала так, что отремонтированный ген переставал работать.

CRISPR/Cas в разных дозах вводили четырём мужчинам и двум женщинам в возрасте между 46 и 64 годами с семейной амилоидной полинейропатией. Частицы, которые несли в себе CRISPR/Cas, скапливались в печени, где синтезируется львиная доля транстиреина. Спустя 28 дней у трёх добровольцев-мужчин, которые получили большую дозу генетического лекарства, уровень транстиреина упал на 80—96%. Лекарство патисиран понижает уровень транстиреина на 80%, так что генетический редактор действует не хуже и даже лучше — особенно

если учесть, что ген отключается насовсем. В течение нескольких месяцев после введения препарата симптомы нейропатии ос-

лабели, серьёзных побочных эффектов не наблюдалось. Конечно, за пациентами будут наблюдать и дальше, на случай, если какие-то от-

ложенные эффекты всё-таки возникнут; и очевидно, что исследователи ещё будут работать над оптимальными дозами.

Генную инженерию используют и оптогенетика — так называют комплекс методов, позволяющих управлять нейронами прямо в живом мозге. В ДНК нейронов вводят ген флуоресцентного белка — с его помощью нервные клетки могут непосредственно реагировать на свет с определённой длиной волны. Затем в мозг вживляют светодиоды, которые будут подавать модифицированным нейронам световые импульсы. От световых импульсов нейроны начнут активироваться, то есть посыпать импульсы другим клеткам, или, наоборот, засыпать, не реагируя ни на какие сигналы от нейронов-соседей. Иными словами, обычные нейроны превращаются в светочувствительные клетки.

Оптогенетические методы стали мощнейшим инструментом нейробиологических исследований. И едва ли не с того момента, как они появились, родилась идея использовать их не только в фундаментальных исследованиях, но и в медицине. Идея в конце концов воплотилась в жизнь: в мае в журнале «Nature Medicine» появилась статья о том, как оптогенетические методы помогли обрести зрение человеку 58 лет, у которого ещё в юности диагностировали пигментный ретинит. Это наследственное заболевание, при котором гибнут

фоторецепторы сетчатки; как результат, зрение ухудшается вплоть до слепоты. Но в сетчатке есть и другие клетки, например, так называемые ганглионарные клетки, которые принимают нервный импульс от фоторецепторов и передают его дальше. В ганглионарные клетки встроили белок под названием каналродопсин ChrimsonR. (Родопсинами называют белки, реагирующие на свет, а «канал» означает, что он открывает ионный канал в мемbrane — ионы начинают перегруппировываться через этот канал, напряжение на мемbrane меняется и нейрон генерирует импульс.) ChrimsonR — белок одноклеточной зелёной водоросли из рода Хламидомонад, которая с его помощью ищет, где больше света. Для нужд оптогенетики белок изменили так, чтобы он встраивался в мембрану нейронов и открывал ионный канал.

Ген белка упаковывали в специальную вирусную частицу — один из обычных способов доставить что-то в клетку. Вирус обезврежен, размножаться не может, но способен проникать в клетку и там освобождать свой груз. Ген каналродопсина, попав в ганглионарные клетки, превращал их в фоторе-

цепторы. Каналродопсин ChrimsonR чувствителен к свету на жёлтых длинах волн, поэтому нужно было сконструировать специальные очки, которые изменения в естественной освещённости переводили в жёлтый свет, и уже этот жёлтый свет отправлялся от очков в глаза.

Пациенту потребовалось несколько месяцев на адаптацию; в итоге он смог на глаз определять местоположение и количество различных предметов — например, двух-трёх тетрадей, лежащих на столе. Зрение включалось только с очками (потому что светочувствительный белок не мог активироваться от обычного освещения), но когда оно включалось, пациент в 92% случаев видел, где лежит тетрадь, и мог сразу дотронуться до неё. Без очков он ничего такого не мог. Правда, способность видеть возвращалась лишь частично — пациент не различал лица и не мог читать. Авторы работы полагают, что зрение можно ещё улучшить, если сделать так, чтобы больше клеток получали ген каналродопсина и чтобы они синтезировали больше молекул самого белка. Но и тот результат, которого удалось добиться, не может не впечатлять.

ОПТОГЕНЕТИКА ВОЗВРАЩАЕТ СПОСОБНОСТЬ ВИДЕТЬ

5

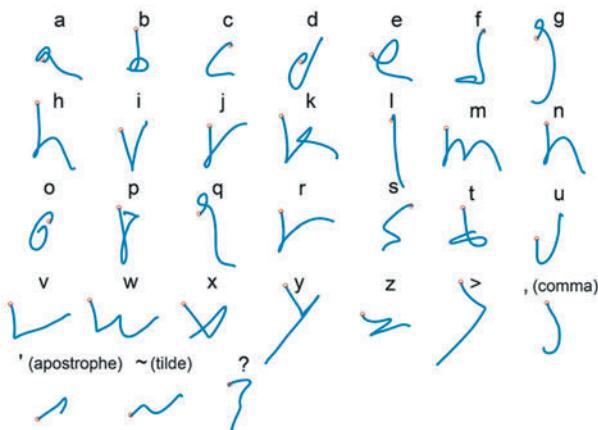
Самые тяжёлые случаи паралича — когда человек не может двигать даже глазами и не может внятно произносить хоть какие-то звуки. Нейробиологи давно пытаются найти способ наладить контакт с такими пациентами, и с появлением нейроинтерфейсов стало понятно, что в какой-то степени это возможно. Нейроинтерфейсами называют устройства, которыечитывают активность определённой группы нейронов мозга, после чего нейронная информация переводится на машинный язык и машина выполняет то действие, о котором человек подумал. Можно сказать, нейрокомпьютерные интерфейсы читают мысли: к примеру, если у человека вместо руки — протез и он хочет им пошевелить, то машина распознает это желание и заставит протез пошевелиться.

Теперь представим, что человек думает о какой-то букве. Проблема в том, что букв в алфавите много. Пока что нет никакой возможности научить аппарат различать, когда мозг подумал про букву «а», а когда про букву «к». Приходится идти обходным путём: человек смотрит на алфавит и думает о том, что курсор на экране нужно передвинуть с одной буквы на другую. Нейрокомпьютерный интерфейс считывает мысли и превращает их в набранные буквы. До последнего времени это была самая совершенная «нейрокомпьютерная клавиатура», но её скорость составляла всего лишь 40 символов в минуту.

Сотрудники Стэнфордского университета создали ещё один вариант нейрокомпьютерной «пишущей машинки»: её нейроинтерфейс счита-

ет из мозга письменные движения руки. Но мы двигаем рукой не только для того, чтобы что-то написать. Для расшифровки нейронной активности исследователи использовали алгоритм, который раньше применялся для анализа речевых сигналов. Благодаря речевому алгоритму нейрокомпьютерная машина понимала, когда человек собирается произнести букву, и начинала декодировать двигательные импульсы как письменные. Человек писал в уме букву, одновременно произнося в уме её звук — машина печатала букву на экране. Вдобавок нейрокомпьютерный интерфейс снабдили предсказательной функцией, чтобы он мог заранее угадать по контексту, что человек имеет в виду. В майской статье в «Nature» говорится, что точность письма составила 99,1% — то есть в 99,1% случаев напечатанная буква была именно той, которую человек писал в уме. Скорость же печати составила 90 символов в минуту — вдвое больше, чем у предыдущих нейрокомпьютерных устройств.

Правда, тут надо помнить, что нейрокомпьютерные интерфейсы получают информацию из мозга с помощью вживлённых в него электродов. Они могут оставаться в мозге достаточно долго, но всё равно было бы лучше, если бы соответствующие сигналы удавалось считывать с поверхности черепа. (Такие устройства есть, но работают они пока достаточно грубо, без особой детализации сигнала.) Кроме того, многие буквы пишутся очень похоже (впрочем, тут должна помочь способность алгоритма уга-



Желая написать ту или иную букву, человек представляет, как он двигает рукой. На буквы это не очень похоже, но целая серия машинных алгоритмов помогает определить в таких линиях буквы и знаки препинания.

Иллюстрация из статьи: Willett F.R., Avansino D.T., Hochberg L.R. et al. High-performance brain-to-text communication via handwriting. Nature 593, 249–254 (2021).

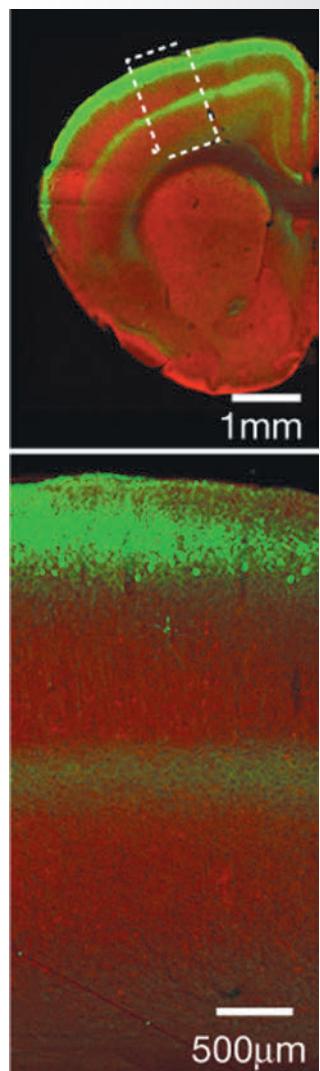
дывать буквы по контексту). Наконец, есть языки с очень сложным алфавитом и своеобразной письменностью —

например, языки Индии. Научить машину различать в уме письменные движения в подобных языках — отдельная

большая задача. Но развитие нейротехнологий позволяет надеяться, что все эти проблемы будут решены.

Когда мы говорим о нейронах головного мозга, то редко отдаём себе отчёт, насколько они разные. Речь не только о том, что они используют разные нейромедиаторы или что есть нейроны возбуждения и есть нейроны торможения (будучи активны, они подавляют активность других нейронов). Многообразие нейронов намного шире, и чтобы их описать, под эгидой Национальных институтов здоровья США был создан проект BICCN, или BRAIN Initiative Cell Census Network, в прямом смысле слова занимающийся переписью клеток мозга (слово BRAIN здесь тоже аббревиатура — Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies, то есть исследования мозга с помощью перспективных инновационных нейротехнологий). Усилия более чем 400 сотрудников проекта принесли плоды: в октябре в журнале «Nature» вышло 17 статей, в которых описаны более сотни типов нейронов. Причём эту сотню типов обнаружили пока только в моторной области коры полуширий, то есть в зоне, которая занимается координацией движений. В другие участки мозга исследователи пока не заглядывали.

Нейроны переписывали сразу в человеческом мозге, в мозге обезьян мarmosetok и в мозге мыши — так можно было понять эволюционные изменения, которые происходили с мозгом зверей на уровне отдельных клеток. Нейроны классифицировали



НЕЙРОННЫЙ АТЛАС МОЗГА

7

Нейроны одного из типов в моторной коре мышного мозга, определённые по происхождению, анатомическому расположению и активности нескольких характерных генов.
Иллюстрация из статьи: BRAIN Initiative Cell Census Network (BICCN). A multimodal cell census and atlas of the mammalian primary motor cortex. Nature 598, 86–102 (2021).

коре, где находится тот или иной нейрон стойкой или иной генетической активностью. Если говорить об электрической активности, то нужно иметь в виду, что нейрон может быть склонен преимущественно к импульсам с высокой амплитудой или с низкой или к импульсам с высокой частотой и т. д.

Типов нейронов насчитали больше ста, но точное число здесь зависит от того, какой критерий выбрать главным; некоторые нейроны трудно отнести к тому или другому типу. Тем не менее значимость полученных результатов настолько велика, что новый нейронный атлас кое-кто называет «Розеттским камнем нейробиологии». Интересно будет посмотреть, как меняется нервная клетка с возрастом: скажем, может ли нейрон, долго чему-то учившийся, перейти из одного типа в другой? И, разумеется, с новыми типами нейронов и новыми методами, которые были разработаны для этой работы, будет проще изучать нейроны в других зонах мозга.

по расположению, форме и функции, электрической активности, молекулярным особенностям и некоторым другим параметрам. Если говорить о молекулярных особенностях, то это в первую очередь активность тех или иных генов. Исследователи анализировали активность 258 генов, одновременно определяя место в моторной

НЕЙРОНЫ ЧЕЛОВЕКА ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ НЕЙРОНОВ ДРУГИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Экспериментальные исследования в биологии и медицине начинаются с молекул и клеток, продолжаются на животных и, если повезёт, на людях. «Если повезёт» означает, что далеко не всякий эксперимент можно проводить на человеке. Насколько «животные» результаты применимы к людям, приходится определять хитроумными косвенными методами. В то же время некоторые свойства тех же клеток кажутся настолько универсальными, что и в голову не приходит подумать, что у людей дела с ними могут обстоять иначе, чем у других животных.

В связи с этим очень примечательной представляется статья в «Nature», опубликованная в ноябре сотрудниками Массачусетского технологического института. Несколько лет назад они обнаружили, что нейроны мыши и человека отличаются по электрофизиологическим свойствам, и эти отличия обусловлены какими-то осо-

бенностями в дендритах — разветвлённых нейронных отростках, которые играют роль антенн, собирая сигналы от множества других нервных клеток. Сейчас стало ясно, что у человеческих нейронов — по крайней мере, тех, которые находятся в пятом слое коры полушарий, — есть одна особенность, отличающая их от нейронов других млекопитающих. Речь о плотности ионных каналов на единице объёма коры мозга. Ионные каналы — это особые белки, которые сидят в клеточной мембране и пропускают через себя те или иные ионы. Под воздействием какого-то стимула — механического давления, химического вещества или импульса, прибежавшего от другого нейрона, — ионные каналы открываются или закрываются, концентрация ионов по обе стороны мембранны меняется и электрические свойства самой мембранны, соответственно, тоже меняются.

Если взять кубический миллиметр мозга мыши и мозга

макаки, плотность ионных каналов у них будет одинакова. Если сравнить нейроны мыши и макаки, то нейрон мыши будет меньше нейрона макаки, и в «кубике» коры нейронов мыши будет больше, чем в таком же «кубике» коры макаки. Но плотность ионных каналов на нейроне макаки будет больше, потому общая плотность ионных каналов в одном и том же объёме коры будет одинаковой что у макаки, что у мыши. А вот у человека плотность ионных каналов на нейронах меньше, чем можно было ожидать от нервных клеток такой величины. Соответственно, плотность каналов в единице объёма мозга тоже оказывается меньше — отсюда и обнаруженные элекрофизиологические отличия в человеческих нейронах.

Ионные каналы требуют энергии, и чем их больше, тем больше энергии уходит на то, чтобы их синтезировать, и на то, чтобы они работали. Если мозг отказался от части ионных каналов, у него появилась возможность направить лишнюю энергию на что-то другое — например, на формирование более сложных синапсов между нейронами. Так или иначе, мозг человека — по крайней мере, если судить по некоторым клеткам коры, — отличается от мозга других млекопитающих на уровне отдельных нейронов, и не исключено, что это скрывается на особенностях функционирования мозга в целом.



Иллюстрация: МГ

Пирамидальные нейроны коры головного мозга (слева направо): хорька, морской свинки, кролика, игрунковой мыши, макаки и человека.

Возраст самых древних ископаемых находок, соответствующих животным, насчитывает 635 млн лет. Мы не зря говорим, что они «соответствуют животным»: в то время у животных не было костного скелета, и эти находки представляют собой отпечатки с особой структурой. Считается, что самые первые животные были похожи на губок. Понятно почему: у губок нет настоящих тканей и органов, есть только более или менее специализированные клетки или пластины клеток, занимающиеся теми или иными функциями. Губки сидят на месте, питаются, фильтруя органику из воды, — в общем, их устройство и образ жизни исключительно просты.

В июле прошлого года в «Nature» появилась статья Элизабет Тёрнер из Лаврентийского университета (Канада), описывающая палеонтологические следы губок возрастом аж 890 млн лет. На самом деле эти следы были найдены ещё десять лет назад. Однако раньше их никто не объявлял губками: были сомнения в том, что следы губок в принципе могли как-то сохраниться и что исследовательские методы в данном случае работают как надо. Но в последнее время, после целого ряда статей, посвящённых древнейшим губкам (или каким-то губ-



Вверху — фрагмент скелета туалетной губки, внизу — похожая на него сеть в доисторических карбонатных отложениях возрастом 890 млн лет.

Иллюстрация из статьи: Turner E.C. Possible poriferan body fossils in early Neoproterozoic microbial reefs. Nature 596, 87–91 (2021).



кообразным существам), у Элизабет Тёрнер прибавилось уверенности в том, что в окаменевших морских отложениях действительно остались губки.

Как их нашли? Ископаемую породу, состоящую из карбоната кальция, нарезали на слои толщиной 30 микрон — и тут в ней обнаружились мелкие трубки, образующие нерегулярную трёхмерную сеть. Нечто подобное после себя оставляет туалетная, или греческая, губка. Её скелет состоит из нитей белка

спонгина, похожего на наш коллаген. Погребённый на морском дне, он медленно разрушается и минерализуется, и там, где был скелет губки, в ископаемой породе остаётся характерная сетка. Похожие структуры видели в более молодых породах, и в тех случаях было достоверно доказано, что эти структуры оставили губки, похожие на туалетную. Но теперь речь идёт о том, что туалетная губка — или, скорее всего, её древнейшая родственница — жила 890 млн лет назад. Получается, что она жила ещё до кислородной катастрофы, до того, как уровень кислорода в атмосфере повысился и землю заняли организмы, использующие кислород для добывания энергии. Вряд ли губка была анаэробом — она должна была нуждаться в кислороде ровно так же, как и современные губки и вообще все современные животные. Вопрос в том, как она выживала в мире без кислорода. В те времена некоторые цианобактерии уже выделяли в окружающую среду какое-то количество кислорода, и, возможно, губку спасала близость к колониям «кислородных» микробов.

Учеловека разумного есть два «братьских» вида: человек неандертальский и человек денисовский. Было время, когда все трое одновременно жили на Земле. Более того, человек разумный и неандерталец скрещивались друг с другом — тому есть масса

генетических доказательств, указывающих на неандертальскую ДНК в нашем геноме. Есть в нашем геноме и следы

**В ДЕНИСОВОЙ ПЕЩЕРЕ
СТАНОВИТСЯ ВСЁ БОЛЕЕ
ЛЮДНО**

денисовских людей, останки которых впервые обнаружили в Денисовой пещере на Алтае несколько десятков лет на-



Фото: Dr. Richard G. Roberts/mpg.de

Сбор образцов отложений в Денисовой пещере.

Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка и Института археологии и этнографии Сибирского отделения Российской академии наук смогли выяснить, кто и когда в этой пещере жил (эти результаты опубликованы минувшим летом в «Nature»). Самыми первыми в неё пришли денисовские люди — около 300 тыс. лет назад. Затем около 130 тыс. лет назад они исчезли, но потом вернулись — спустя 30 тыс. лет. Неандертальцы стали появляться в пещере около 170 тыс. лет назад; разные группы неандертальцев использовали пещеру в разные периоды, и иногда они по времени совпадали с денисовцами.

Наконец, 45 тыс. лет назад в пещере появляется человек разумный, причём тогда же в ней живут и денисовцы, и неандертальцы. Это не значит, что денисовцы, неандертальцы и «разумники» сидели у одного костра. Просто был в истории рода *Homo* такой период, когда три вида людей жили в одно и то же время в одном и том же месте, пользуясь одним и тем же естественным укрытием — Денисовой пещерой. Впрочем, можно представить, что представители всех трёх видов, жившие в окрестностях пещеры, знали друг о друге, хотя бы заочно. Ну а потом *Homo denisovensis* и *Homo neanderthalensis* исчезли, и в пещеру заходил только человек разумный, от которого тут остались украшения и сложные орудия труда.

**Материал подготовил
Кирилл СТАСЕВИЧ.**

зад. Наконец, неандертальцы скрещивались с денисовцами: археологам известны останки их общих детей. Правда, останки самих денисовцев весьма и весьма немногочисленны — фрагменты костей, которые удалось обнаружить, можно буквально пересчитать по пальцам.

Недавно их стало чуть больше: ещё три костных обломка, принадлежащих денисовцам, удалось найти в той же Денисовой пещере, причём в более глубоких слоях, чем те, в которых их находили раньше. Их возраст составляет около 200 тыс. лет, то есть это самые старые останки денисовцев из тех, что известны на сегодняшний день (возраст тех, что находили до сих пор, составляет от 122 тыс. до 194 тыс. лет). Что более важно, в том же археологическом слое были остатки каменных орудий труда и костей животных со специфическими следами: их рубили и жгли на огне. Судя по животным останкам, денисовцы ели оленей, лошадей, зубров и шерстистых носорогов. Эти находки опи-

сывают в ноябрьской статье в «Nature Ecology & Evolution» сотрудники Венского университета, Университета Тюбингена, Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН и Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка. Раньше останки денисовских людей обнаруживали либо вообще без какого-либо добавочного археологического материала, либо же рядом с ними были какие-то орудия труда и останки животных, но нельзя было понять, к кому всё это относится — к денисовцам или к неандертальцам. То, что удалось найти на сей раз, по словам исследователей, точно относится к денисовским людям, так что мы можем узнать некоторые подробности их жизни.

Впрочем, присутствие древних людей в Денисовой пещере можно определить и без костей — благодаря новейшим методам, позволяющим добывать и читать ДНК прямо из почвы. Проанализировав ДНК разных видов людей из разных археологических слоёв, сотрудники

НАУКА И ЖИЗНЬ

В ЦИФРОВОМ ФОРМАТЕ

ДЛЯ ТЕХ,
КТО ЛЮБИТ
ЧИТАТЬ
С ЭКРАНА



A tablet device displays a magazine spread. The top half shows a large image of Earth and the Moon against a dark background. The bottom half contains text and images related to the article "ЛУННЫЙ ПАРАДОКС".

ЛУННЫЙ ПАРАДОКС

Кандидат физико-математических наук Алексей ПОНЯТОВ.

Должен ли спутник Земли притягиваться к Земле сильнее, чем к Солнцу? Может ли у Луны быть спутник? Может ли быть спутник у астероида или кометы? Может ли космонавт стать спутником орбитальной станции?

ЛУНА — СПУТНИК ЗЕМЛИ?

— единственное небесное по поводу которого у аст-

до сложнее. Большинство людей на этот «детский» вопрос уверено ответят: Луна находится намного ближе Земле, чем Солнце, поэтому притяже-

ЦИФРОВАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА
РЕДАКЦИОННЫЙ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН:
www.nkj.ru/shop
(подписка и отдельные номера)



TELEGRAM-БОТ
свежий номер
демо-номер журнала
БЕСПЛАТНО
t.me/nkj_bot

Читайте в приложениях для мобильных устройств:
PRESSA.RU • ЛитРес • МТС Библиотека • Kiozк

www.nkj.ru

e-mail: subscribe@nkj.ru

ДЕВЯТЬ ЗНАЧИМЫХ СОБЫТИЙ 2021

1

МЮОНЫ АТАКУЮТ СТАНДАРТНУЮ МОДЕЛЬ

Национальная ускорительная лаборатория им. Энрико Ферми (США) сообщила, что, по данным эксперимента «Мион $g - 2$ », магнитный момент мюона всё же больше, чем предсказывает современная теория микромира — Стандартная модель. Она была разработана в 1970-х годах и с тех пор прошла все проверки, сохранившись до наших дней практически без изменений. Но исследователи на протяжении полувека не оставляют попыток найти отклонения от неё, так называемую Новую физику. Если результат

мюонного эксперимента подтвердится, то это может стать долгожданным свидетельством существования Новой физики. Возможно, работы в этом направлении приведут не только к уточнению теории, но и открытию новых фундаментальных частиц.

Целый ряд элементарных частиц имеет собственное магнитное поле, которое характеризуется величиной, получившей название «магнитный момент». Так, электрон и его более тяжёлый родственник мюон должны иметь магнитный момент, точно равный 2 (в соответ-

ствующих единицах измерения). Первые признаки того, что с магнитным моментом мюона что-то не так, исследователи получили в экспериментах по его измерению в Брукхейвенской национальной лаборатории (США) в 1997—2001 годах. Выявленное крошечное отличие от двух оказалось немного больше, чем предсказывали расчёты по Стандартной модели — теории элементарных частиц. Физики назвали обнаруженное явление мюонной магнитной аномалией. Хотя точность измерения была недостаточно высока, чтобы с уверенностью говорить о реальности расхождения, она была достаточно большой, чтобы вызвать сенсацию и дискуссию среди специалистов.

Эксперимент «Мион $g - 2$. В центре детекторного зала — сверхпроводящее магнитное накопительное кольцо.

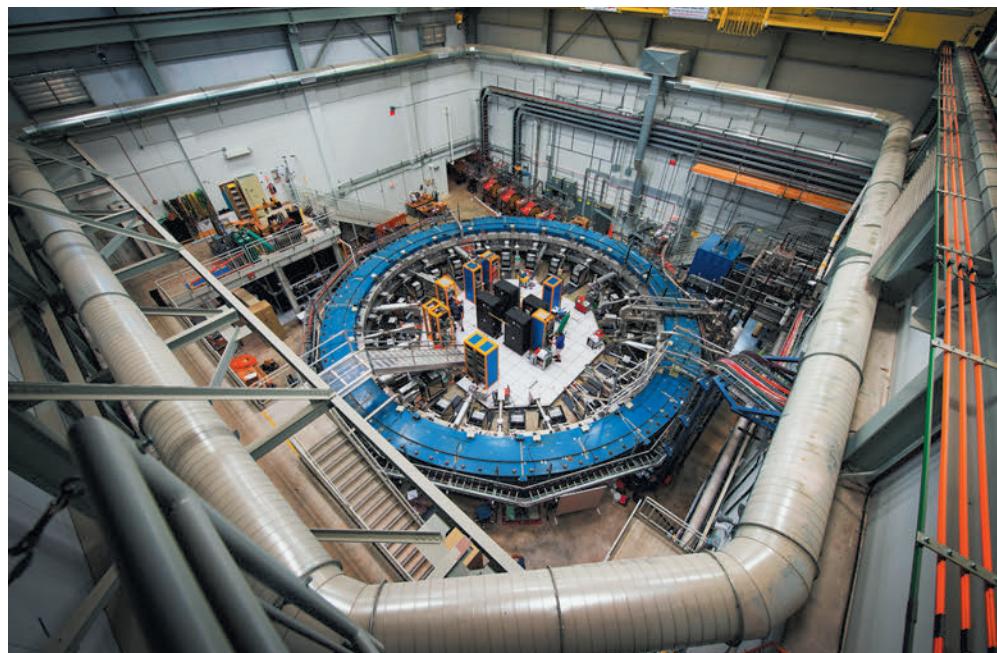


Фото: Reidar Hahn/Fermilab/CC BY-SA 4.0

ГОДА В ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ

Дело в том, что, согласно современной квантовой физике, мюоны постоянно испускают и поглощают различные виртуальные частицы, которыми так и кишит физический вакуум вокруг них. Теория предсказывает, что это должно изменять магнитный момент мюона, делая его отличным от 2. Этот эффект, названный « $g - 2$ » (g минус два), должен наиболее ярко проявляться именно у мюонов, которые примерно в 200 раз массивнее электронов. Теоретическое значение $g - 2$ было получено в результате точного вычисления вкладов всех известных частиц. Поэтому в значительном отличии эксперимента от предсказаний теории могут быть виноваты неучтённые неизвестные типы частиц. Так что эксперимент с мюоном вселил многим физикам надежду на то, что вскоре будут открыты новые фундаментальные частицы.

Чтобы проверить результаты, экспериментаторы в 2013 году перевезли оборудование через полстраны в Национальную ускорительную лабораторию Ферми (Fermilab, США), где можно получить более чистые пучки мюонов, и модернизировали установку. В новом эксперименте пучок мюонов движется по кольцу диаметром 15 метров, удерживаемый полем мощного магнита. Одновременно это магнитное поле заставляет магнитный момент мюонов (грубо говоря, направление «север-юг» магнита) прецессировать,

поворачиваясь, описывая конус, подобно оси волчка или юлы. Скорость прецессии зависит от магнитного момента частиц. Измерив её с очень большой точностью, исследователи вычисляют магнитный момент мюонов.

Очередной сбор данных был начат в 2018 году, и 7 апреля 2021 года исследователи представили результаты первого года работы, опубликовав их в журнале «Physical Review Letters». Новый результат почти полностью совпал со старым, расхождение между теоретическими и экспериментальными значениями не исчезли. Хотя за 15 лет методы теоретических расчётов эволюционировали и их точность сильно возросла. Отметим, что исследователи измерили $g - 2$ с точностью до 46 миллионных долей процента. Значит, это не было ни статистической случайностью, ни продуктом какой-то необнаруженной ошибки в эксперименте.

Любопытны и меры предосторожности, предпринятые исследователями, чтобы избежать подсознательной подгонки результатов. Те, кто проводил анализ, не знали точной частоты цифровых часов в приборах, которая необходима для расчёта значения $g - 2$. В итоге результаты были изображены на графике, оси которого имели несколько неопределённые масштабы. Точное значение частоты было известно только двум физикам, не являющим-

ся членами коллаборации. Только 25 февраля 2021 года на телеконференции, в которой участвовало более 200 членов команды, два соруководителя эксперимента открыли конверт, содержащий секретную тактовую частоту. Когда они ввели число в компьютер, тот показал истинное значение $g - 2$.

Однако сомнения остаются. Вместе новые и старые результаты увеличили отклонение экспериментального значения от теоретического лишь до $4,2\sigma$. Сигмой (σ) в статистическом анализе обозначают стандартное отклонение. Опуская детали, скажем, что с помощью стандартного отклонения можно оценить достоверность полученного результата. Отличие в интервале от 3σ до 5σ даёт основания предполагать реальность нового явления. Однако в своих выводах экспериментаторам необходимо быть осторожными, поскольку история знает немало случаев, когда открытия с подобными различиями в итоге не подтверждались. Многолетний опыт исследований показал, что уверенно говорить об открытии можно, только когда результаты отличаются более чем на 5σ .

Россию в коллаборации « $Muon g - 2$ », занимавшейся этими исследованиями, представляют Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера (г. Новосибирск) и Объединённый институт ядерных исследований (г. Дубна).

Когда произносят слово «квантовый», все, как правило, представляют какие-нибудь очень маленькие, микроскопические объекты вроде атомов, электронов или фотонов. Именно они в первую очередь демонстрируют поведение и эффекты, которые описывает квантовая механика. Однако макроскопические объекты, состоящие из большого числа атомов, тоже могут проявлять квантовые свойства. Правда, условия для этого создать трудно, и лишь точные и изобретательные эксперименты могут их обнаружить. Но зачем, спрашивается, надо это делать? Оказывается, у этих исследований есть важная практическая сторона: создание очень чувствительных и точных сенсоров или сверхбыстрых устройств для вычислений, преобразования информации и коммуникаций.

В этом году исследователям из Национального института стандартов и технологий (NIST, США) удалось экспериментально изучить квантовые явления в макроскопических механических системах. Они

показали, как можно генерировать в них квантовое запутанное состояние и экспериментально доказать его наличие. Результаты работы были опубликованы в журнале «Science».

В качестве объекта исследований физики использовали две сверхпроводящие алюминиевые пластины, которые служат одной из пластин конденсатора. Те включены в электрическую цепь, изменение напряжения в которой приводит к фиксируемым с помощью радиолокации механическим колебаниям мембран. Экспериментаторы использовали микроволновые импульсы для возбуждения системы и затем измеряли связь (корреляцию) колебаний мембран. Суть дела в том, что тонкие статистические взаимосвязи между их движениями оказались невозможными для классического мира и могли возникнуть только за счёт квантовой запутанности.

Идея подобного эксперимента не нова, она возникла в NIST около десяти лет назад, но тогда механическими элементами были отдельные

атомы. Мембранны же огромны, по квантовым меркам. Их размер 20×14 микрометров, толщина 100 нанометров и масса 70 пикограмм, что соответствует примерно 1 триллиону атомов. Запутывать массивные объекты крайне сложно, потому что они сильно взаимодействуют с окружающей средой, в результате чего могут разрушаться хрупкие квантовые состояния.

Исследователи применили два одновременных микроволновых импульса для охлаждения мембран (отбора энергии с целью уменьшения теплового шума), ещё два — для их запутывания и последние два — для усиления и записи сигналов, представляющих квантовые состояния пластин. Решение этой задачи потребовало тщательного подбора частоты и длительности импульсов.

Кванты колебаний мембран эквивалентны квазичастицам, так называемым фононам. Вот для них и была выявлена квантовая запутанность, которую удавалось поддерживать в течение примерно миллисекунды, что весьма долгое время в квантовом мире.

В классическом мире колебания мембран в рассматриваемых условиях должны были быть случайными. Однако эксперимент выявил необычные закономерности, свидетельствующие о том, что они запутались. Чтобы быть уверенными, исследователи провели эксперимент 10 тысяч раз, применяя специальные тесты.

Крошечные алюминиевые мембранны, которые удалось квантово запутать и точно измерить их связанные квантовые свойства.

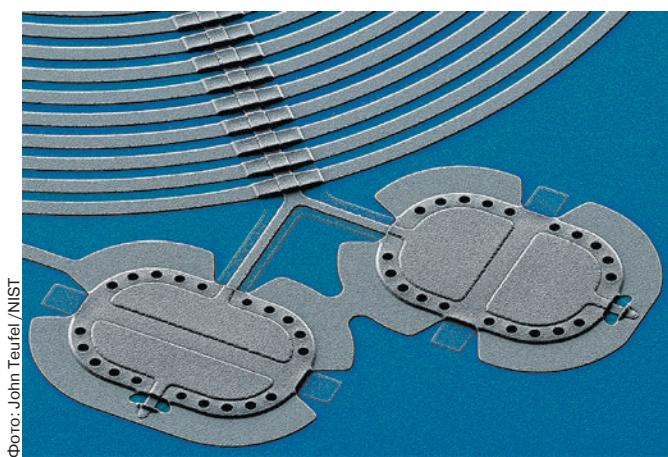


Фото: John Teufel/NIST

В эксперименте по инерциальному термоядерному синтезу, который проходит в Национальном комплексе зажигания (National Ignition Facility, NIF), входящем в состав Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса (США), удалось получить 70% выхода от термоядерной реакции по отношению к энергии, затраченной на поддержание реакции. Несмотря на то, что это значение всё ещё не достигло уровня безубыточности (100%), оно более чем на порядок превысило предыдущие результаты, и некоторые эксперты оценили данный результат как наиболее значительный прогресс в инерциальном синтезе с момента его начала в 1972 году.

До этого лидерами в выработке энергии (67%) были установки, использующие магнитное поле для удержания сверхгорячей плазмы в течение достаточно долгого времени, чтобы нагреть её до температур, при которых происходит термоядерная реакция. К этому типу реакторов относятся токамаки (тороидальная камера с магнитными катушками) и гигантский проект ИТЭР (ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor), строящийся сейчас во Франции. Правда, ожидается, что ИТЭР заработает не ранее, чем через десять лет.

NIF — научный комплекс, созданный для осуществления другого подхода, который получил название инерциального термоядерного синтеза. Его идея заключается в быстром и равномерном нагреве термоядерного топлива с помощью лазеров, так, чтобы образовавшаяся плазма успела прореагировать до разлёта. Установка NIF использует ги-

гантский лазер, размещённый на объекте размером с три футбольных поля, для создания 192 лучей, фокусирующихся на цели в виде короткого мощного импульса, передающего 1,9 мегаджоулей (МДж) за 20 наносекунд. Капсула-мишень представляет собой крошечную сферу, заполненную дейтерием и тритием, установленную внутри золотого цилиндра размером с ластик на карандаше. Золото испаряется, создавая импульс рентгеновского излучения, который взрывает капсулу, превращая термоядерное топливо в крошечный шар плазмы, достаточно горячий и плотный, чтобы зажечь в нём термоядерный синтез.

Теоретически, если такие крошечные термоядерные взрывы запускать 10 раз в секунду, то термоядерная электростанция могла бы эффективно работать. Но пока исследователям удалось получить на выходе лишь чуть более 1,3 МДж. Но и это — значительное достижение, поскольку предыдущие попытки давали всего около 0,1 МДж. Совершённый прорыв открывает перспективы для получения реального рабочего режима реактора в обозримом будущем. Термоядерные реакторы уже давно востребованы из-за возможности выработки огромного количества энергии и высокой экологичности.

Для российских исследователей этот результат представляет большой интерес, поскольку в начале 2022 года планируется ввести в строй установку для инерциального термоядерного синтеза УФЛ-2М, сооружаемую на

территории РФЯЦ-ВНИИЭФ в городе Саров Нижегородской области. Она должна стать самой мощной в мире. В ней к мишени будет подводиться 2,8 мегаджоулей энергии, что в полтора раза больше, чем у NIF. Кроме того, российская установка должна обеспечить более равномерный нагрев, что служит значимым фактором для достижения успеха. Имея опыт предыдущих экспериментов, у специалистов ВНИИЭФ есть все шансы первыми в мире добиться желаемого «зажигания» термоядерных реакций в мишнях. Правда, пока заработает только четверть каналов, а на полную мощность установка выйдет в 2027 году. Подробнее об УФЛ-2М можно прочитать в материале «В Сарове смонтирована камера установки для лазерного термоядерного синтеза» («Наука и жизнь» № 6, 2019 г., с. 12).

Параллельно в нашей стране ведутся работы и по другому направлению. В мае 2021 года в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» осуществлён запуск термоядерной установки токамак Т-15МД, модифицированной версии реактора Т-15, который работал в Курчатовском институте с конца 1980-х. Отметим, что это первая за последние 20 лет новая термоядерная установка, построенная в России, причём по своим характеристикам она не имеет аналогов в мире. Установка входит в структуру международного термоядерного проекта ITER и будет использоваться для решения исследовательских задач.

4 В РОССИИ ЗАПУЩЕН ПИК

В феврале 2021 года в России запустили в энергетическом режиме самый мощный в мире высокопоточный исследовательский нейтронный реактор ПИК (Пучковый Исследовательский Корпусной). Он предназначен для изучения нейтронов и применения нейтронного излучения для большого числа фундаментальных и прикладных научных исследований. Сам по себе реактор представляет источник нейтронов, а в состав комплекса войдут ещё несколько десятков различных экспериментальных установок. Расположен комплекс на территории Петербургского института ядерной физики (ПИЯФ) в городе Гатчина и занимает более 30 гектаров. Его строительство началось ещё в 1976 году, но позднее

было остановлено. Возобновление работ произошло лишь четверть века спустя, и вот наступил долгожданный переход в рабочий режим.

ПИК отличается от большинства аналогичных зарубежных проектов увеличенными нейтронными потоками и возможностью облучения материалов в активной зоне. Максимальная плотность потока тепловых нейтронов соответствует рекордным значениям, полученным в реакторах непрерывного действия. На проектную мощность 100 МВт реактор выйдет в 2022 году.

Ожидается, что реактор станет основой Международного центра нейтронных исследований мирового класса. Мегаустановки такого уровня предназначены для коллек-

тивного использования и служат свидетельством научно-технологического потенциала и конкурентоспособности страны. Ввод в эксплуатацию комплекса ПИК обеспечит существенное увеличение доли России на мировом рынке оказания высокотехнологичных услуг по использованию нейтронных и ядерных методов в разработке новых материалов, изделий и технологий.

Свойства нейтронного излучения делают его универсальным инструментом для исследований атомных и молекулярных структур в различных сферах науки: физике, материаловедении, биологии, биофизике, медицине и даже археологии. Планируется использовать нейтроны различных энергий, но наиболее интересны и ценны так называемые тепловые или медленные нейтроны, кинетическая энергия которых близка к наиболее вероятной энергии

Реакторный зал исследовательского нейтронного реактора ПИК. Сам реактор располагается внутри цилиндра защиты.



Фото: ПИЯФ

теплового движения молекул газа при комнатной температуре. Длина их волны составляет 1,5—2 ангстрема (10^{-10} м), что сравнимо с размерами атомов и молекул и позволяет их изучать. Ведь размер инструмента должен соответствовать размеру

исследуемого объекта. Более энергичные нейтроны с меньшей длиной волны могут быть использованы для исследования атомных ядер.

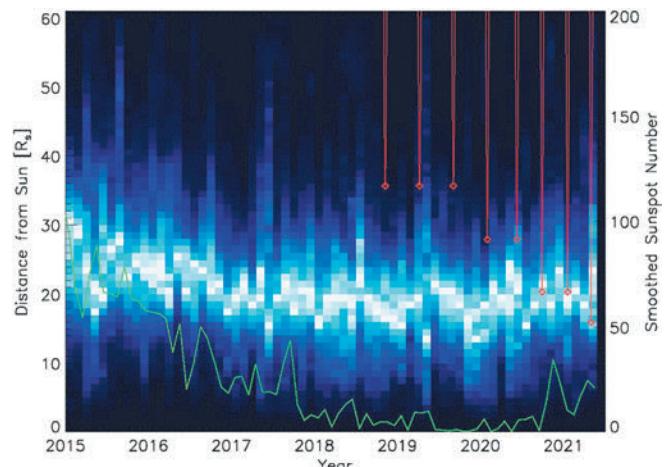
В качестве любопытных фактов отметим, что размер зоны, где протекает порождающая нейтроны цепная

реакция, занимает объём всего 50 литров. От неё в разные стороны проложена разветвлённая сеть горизонтальных и наклонных нейтроноводов общей длиной 250 м, ведущих в залы, где будут смонтированы экспериментальные установки.

Космический аппарат Parker Solar Probe (NASA) был запущен в 2018 году, чтобы непосредственно исследовать Солнце, как можно ближе приблизившись к нему. И вот 28 апреля 2021 года, спустя три года, при прохождении очередного перигелия он вошёл в солнечную корону на высоте 13 млн км над фотосферой и пробыл там около пяти часов. Впервые в истории космический корабль «коснулся» Солнца. Это гигантский скачок в науке, изучающей наше светило. Прикосновение к веществу, из которого оно состоит, даст астрофизикам важную информацию о нашей ближайшей звезде и её влиянии на Солнечную систему. Возможно, теперь физики смогут раскрыть давнюю загадку Солнца: как корона нагревается до миллионов градусов, что намного горячее, чем сама поверхность Солнца под ней. Первые результаты, описывающие взаимодействие зонда с солнечной короной, опубликованы 14 декабря 2021 года в журнале «Physical Review Letters».

21 ноября 2021 года «Паркер» сблизился с Солнцем уже на 8,5 млн км, став самым близким к нему искусственным объектом. Предыдущий рекорд, 42,73 млн км от поверхности Солнца, был установлен космическим ап-

КОСМИЧЕСКИЙ ЗОНД «ПАРКЕР» ВПЕРВЫЕ «ПРИКОСНУЛСЯ» К СОЛНЦУ



Сравнение траектории зонда «Паркер» (отмечена красным цветом), модельного прогноза расположения критической поверхности Альвена (голубой цвет) и усреднённого числа солнечных пятен (зелёная линия). По горизонтали отложена дата, по левой вертикальной оси — расстояние от Солнца в солнечных радиусах (он равен примерно 700 000 км), по правой — число солнечных пятен.

Иллюстрация из статьи: J. C. Kasper et al. Phys. Rev. Lett. 127, 255101/CC BY 4.0

аратом «Гелиос-2» в апреле 1976 года. Предполагается, что в дальнейшем, осуществив ещё два гравитационных манёвра около Венеры, «Паркер» подойдёт к нашему светилу ещё ближе, ориентировано на 6,2 млн км.

В отличие от Земли, у Солнца нет твёрдой поверхности, но у него есть протяжённая атмосфера, состоящая из солнечного вещества, связанного со звездой гравитацией и магнитными силами. Однако на-

грев и давление удаляют это вещество от Солнца, пока оно не достигнет области, где эти поля уже неспособны его удержать: здесь рождается то, что мы называем солнечным ветром. Эта область, известная как критическая поверхность Альвена, может считаться концом солнечной атмосферы и границей Солнца. Далее частицы солнечного ветра движутся сквозь Солнечную систему, в том числе «обдувая» Землю.

До сих пор исследователи не знали точно, где именно находится критическая поверхность Альвена, делая оценки лишь на основе изображений короны. Измерения магнитного поля и других параметров, проведённые 28 апреля, показали, что зонд пересёк критическую поверхность и впервые вошёл в солнечную атмосферу. В ходе дальнейшего полёта он несколько раз входил в корону и

выходил из неё. Это доказало то, что предсказывали некоторые исследователи: критическая поверхность Альвена не имеет формы гладкого шара. Скорее, она — «морщинистая», у неё есть шипы и впадины. Обнаружение мест, где эти выступы находятся, и сопоставление их с солнечной активностью помогут учёным узнать, как события на Солнце влияют на атмосферу и солнечный ветер.

В какой-то момент «Паркер» прошёл через так называемый псевдострипер — огромную плазменную структуру, которая возышается над поверхностью Солнца, разделяя коронарные дыры — области в солнечной короне, где понижены плотность и температура плазмы. Эту плазменную структуру можно увидеть с Земли во время солнечных затмений.

6 НОВОЕ О НЕЙТРИНО

13 марта 2021 года на Байкале официально был введён в строй крупнейший в Северном полушарии глубоководный нейтринный телескоп Baikal-GVD (Gigaton Volume Detector — детектор объёмом в миллиард тонн). Подробнее об этом можно прочитать в статье «Нейтрино ловят на глубине» («Наука и жизнь» № 5, 2021 г., с. 17). Главная задача телескопа — исследование потоков нейтрино сверхвысоких энергий от космических источников, так называемых астрофизических нейтрино (о них можно прочитать в статье «Космические нейтрино вы-

сях энергий рождаются квазарами», «Наука и жизнь» № 4, 2021 г., с. 14). Подобные частицы помогают исследователям разобраться в протекании самых мощных космических процессов, понять ранние стадии эволюции Вселенной, тёмной материи и тёмной энергии. Располагаясь в Северном полушарии, Baikal-GVD будет сквозь Землю видеть нейтрино, приходящие из Южного полушария. Таким образом, на пару с IceCube, расположенным в Антарктиде, они будут покрывать всё небо, давая полную картину нейтринных событий.

Вывод о том, что источниками астрофизических нейтрино служат квазары, обосновали российские астрономы Ю. Ю. Ковалёв, А. В. Плавин (ФИАН) и С. В. Троицкий (ИЯИ РАН). Им пришла в голову неожиданная идея проследить радиоизлучение квазаров, которые находятся в направлениях, откуда пришли нейтрино. Анализ показал, что эти квазары — более яркие, чем остальные, а статистический анализ выявил их значимый вклад в поток нейтрино. Финальная статья, описывающая их исследования, появилась в феврале 2021 года. Ещё одним важным открытием российских астрофизиков стало нахождение областей рождения нейтрино с помощью радиоинтерферометрии с очень длинной базой. Оказалось, нейтрино возникают в центральных областях галактик, размером в несколько парсек, где и располагаются сверхмассивные чёрные дыры.



фото Байара Шайбонова / Baikal-GVD

Спуск под воду Байкала оптического модуля нейтронного телескопа Baikal-GVD во время зимней экспедиции 2021 года.

А 14 декабря 2021 года нейтринная обсерватория IceCube объявила о наблюдении астрофизического нейтрино, пришедшего из области, где находится один из самых ярких на небе радиоблазаров — PKS 0735+17. Причём одновременно радиоблазар

произвёл самую мощную вспышку в гамма-диапазоне и видимом диапазоне излучения за всю историю наблюдений за ним. Такое совпадение очень важно для исследователей. Заметим, что совпадение времени прихода нейтрино и вспышки блазара — всего

второе за десятилетнюю историю наблюдений. Через четыре часа нейтрино с того же направления зарегистрировал Baikal-GVD. Впервые два крупнейших в мире нейтринных телескопа обнаружили нейтрино, возможно, от одного источника.

Сразу три статьи, опубликованные в июле 2021 года в журнале «Science», сообщают результаты первого в истории сейсмического исследования Марса сейсмометром SEIS, разработанным во Франции для миссии NASA InSight. На основе анализа отражённых и модифицированных сейсмических волн от более десяти землетрясений на Марсе исследователи впервые дают оценку размера ядра планеты, толщины её коры и структуры мантии, показав, что у Марса тонкая кора, неглубокая мантия и необычно большое жидкое ядро, занимающее около половины толщины планеты.

Внутренняя структура Марса до этого года была плохо изучена. Имеющиеся модели основывались только на анализе спутниковых гравиметрических и топографических данных, значений момента инерции и плотности планеты. После размещения прибора SEIS (Seismic Experiment for Interior Structure — Сейсмический эксперимент для внутренней структуры) на поверхности Марса в начале 2019 года ситуация изменилась. С тех пор планетологи собрали и проанализировали сейсмические данные от более 600 землетрясений за

марсианский год (почти два земных года).

Проблема заключается в том, что для сейсмических исследований, изучающих строение планеты по прохождению упругих волн, которые возникают при землетрясениях, требуется более одной станции, поскольку надо запеленговать местоположение источника волн, а затем определить расстояние до него. Однако на Марсе у планетологов в наличии была только одна станция. Поэтому им было необходимо отыскать в сейсмических записях своеобразное эхо — волны, отражённые от ядра, границы кора-мантия и даже от поверхности Марса. Поиск производился по сходству отражённого сигнала с прямым. Эти измерения в сочетании с минералогическим и тепловым моделированием внутренней структуры планеты позволили вести исследования даже с одной станцией. Разработанный метод открывает новую эру в планетарной сейсмологии.

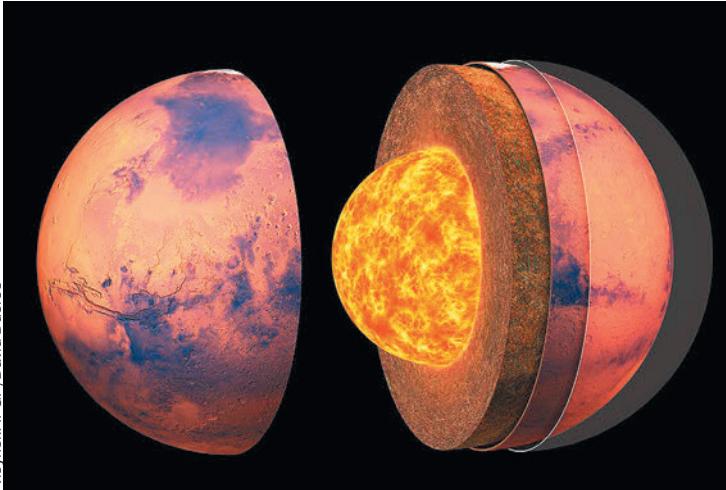
Сейсмические исследования на Марсе затруднены ещё и тем, что землетрясений там мало и они слабые (магнитуда менее 3,5), а их регистрации мешает

КАК ВНУТРИ УСТРОЕН МАРС?

сейсмический шум, создаваемый ветрами и деформациями пород при быстрых изменениях температуры. Но очень высокая чувствительность датчика и тщательная фильтрация помех помогли исследователям сделать открытия, которые, как считалось ранее, были возможны только при землетрясениях с магнитудой более 4.

Вероятно, кора Марса имеет толщину от 24 до 72 км с очень глубокой литосферой, близкой к 500 километрам. В коре планеты планетологи обнаружили несколько слоёв. Очень интересен первый, наблюдаемый на глубине около 10 км, поскольку он отмечает границу между сильно изменённой структурой, возникшей в результате давней циркуляции жидкости, и незначительно изменённой корой. Благодаря такой тонкой оболочке Марс быстро избавился от своего первоначального внутреннего тепла.

Проанализировав различу между временем прохождения прямых волн, возникших непосредственно во время землетрясения, и волн, возникших при их отражении от поверхности



По данным сейсмических исследований, у Марса должно быть огромное ядро и тонкая кора.

планеты, исследователи определили структуру верхней мантии Марса и, в частности, измерили изменение сейсмических скоростей с глубиной. По этим данным можно оценить тепловой поток Марса, который, вероятно, в три—пять раз ниже, чем у Земли, и наложить ограничения на состав марсианской коры, которая,

вероятно, сильно обогащена радиоактивными элементами. Считается, что кора Марса содержит более половины тепловыделяющих радиоактивных элементов, имеющихся у планеты и помогающих нагревать её.

Волны, отражённые от поверхности ядра Марса, помогли измерить его радиус, что стало одним из главных

достижений миссии. Сложность работы заключалась в низких амплитудах отражённых волн. Для определения характеристик внутренней структуры планеты учёные протестировали несколько тысяч моделей мантии и ядра, сравнивая возможные сигналы от них с наблюдаемыми. Ядро оказалось большим, радиусом от 1790 до 1870 км, со средней плотностью от 5,7 до 6,3 грамма на кубический сантиметр. Такая плотность подразумевает присутствие значительного количества лёгких элементов, растворённых в железоникелевом жидкому ядре, и имеет серьёзные последствия для минералогии мантии на границе раздела с ядром.

Это исследование позволяет сделать большой шаг в понимании формирования и эволюции Марса, поскольку ключ к разгадке геологической истории планеты содержится в её внутренней структуре, особенно в её ядре.

8

ПОРТРЕТ ЧЁРНОЙ ДЫРЫ В ПОЛЯРИЗОВАННОМ СВЕТЕ

Междунраодная коллаборация Event Horizon Telescope (EHT, Телескоп горизонта событий), объединяющая восемь телескопов по всему миру, несколько лет пристально наблюдала за гигантской чёрной дырой (в 6,5 миллиарда раз массивнее Солнца), находящейся в центре огромной эллиптической галактики M 87, примерно в 55 миллионах световых лет от нас. В 2019 году коллаборация получила первое в истории изображение чёрной дыры (об этом можно прочитать в статье

«Изображение чёрной дыры: что на самом деле получили астрономы», «Наука и жизнь» № 5, 2019 г., с. 18).

Кроме того, было обнаружено, что значительная часть света вокруг чёрной дыры M 87 поляризована. В марте 2021 года, после двух лет исследований, которые потребовались из-за сложных методов, связанных с получением и анализом данных, коллаборация опубликовала новое изображение чёрной дыры, но уже в поляризованном свете. Видимые на изоб-

ражении линии, похожие на крутящийся вихрь, показывают ориентацию поляризации света, которая, в свою очередь, связана с сильным магнитным полем вокруг тени чёрной дыры. Впервые астрономы смогли измерить поляризацию и характеристики магнитных полей так близко к краю чёрной дыры. Эта работа является важной вехой, поскольку поляризация света несёт в себе информацию, которая позволяет нам лучше понять физику процессов, происходящих возле чёрных дыр.

Свет становится поляризованным, когда он про-

ходит через среду с определёнными свойствами или когда он излучается в горячих областях космического пространства, где присутствуют сильные магнитные поля. Поляризационные солнцезащитные очки, в которых стёкла пропускают свет только с одним направлением колебаний электрического поля, улучшают восприятие изображения, поскольку гасят блики от ярких поверхностей (это происходит благодаря тому, что бликующий отражённый свет тоже поляризован, но другим образом). Астрономы также могут отсеивать ненужное и разглядывать особенности объекта, используя поляризацию излучаемого света.

Дальнейшее изучение структуры поляризации даёт важную информацию о магнитном поле чёрной дыры, картину его силовых линий. А ведь многие процессы вблизи чёрных дыр связаны именно с магнитным полем, в частности, формирование ярких струй излучения и вещества (джетов), выходящих из ядра. У М 87 джеты простираются не менее чем на 5000 световых лет от её центра. Астрономы пока не знают, как именно из её центральной области, которая

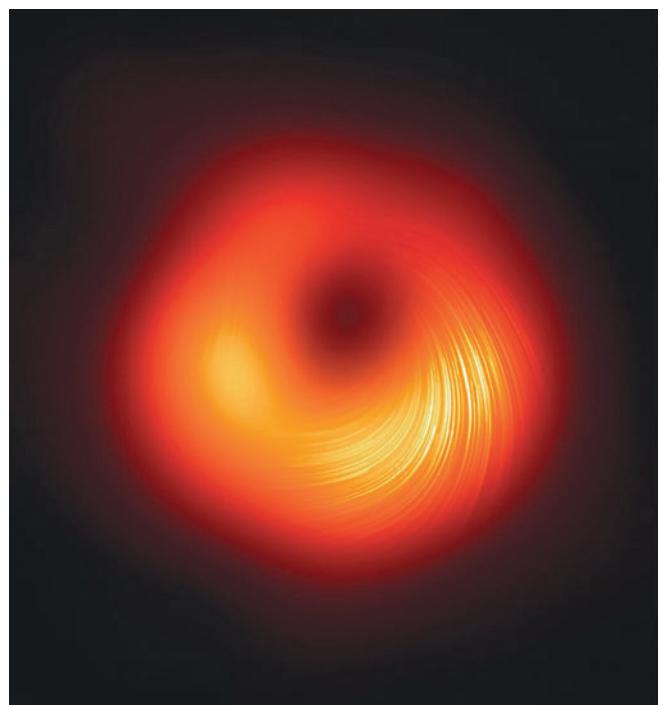


Иллюстрация: EHT Collaboration/CC BY 4.0

Изображение сверхмассивной чёрной дыры в центре галактики М 87 в поляризованном свете. Линии отмечают ориентацию поляризации, связанную с магнитным полем вокруг тени чёрной дыры.

по размеру сопоставима с Солнечной системой, запускаются струи размером больше самой галактики. Возможно, исследование поляризации света прояснит механизмы их формирования.

Полученное изображение проясняет и процесс падения вещества на чёрную дыру. Исследователи

пришли к выводу, что только теоретические модели с сильно намагниченным газом могут объяснить наблюдаемую картину на горизонте событий. Именно благодаря магнитному полю такое вещество способно противостоять гравитации и двигаться к горизонту событий по спирали.

Буквально за день до подписания январского номера в печать произошло ещё одно значительное событие: 25 декабря 2021 года NASA после нескольких переносов старта запустило космический телескоп «Джеймс Уэбб». Первостепенными задачами инфракрасной обсерватории станут исследования первых галактик в ранней Вселенной,

ЗАПУЩЕН МОЩНЕЙШИЙ КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП

9

Солнечной системы, а также экзопланет.

Старт прошёл успешно, теперь космический аппарат производит маневрирование, чтобы в конце января выйти на заданную орбиту на расстоянии около 1,5 млн км

от Земли. Первые научные исследования начнутся летом 2022 года.

**Материал подготовил
кандидат физико-
математических наук
Алексей ПОНЯТОВ.**

ЦИФРОВОЙ ЭТАЛОН ДЛЯ ПОДСЧЁТА ДНК

Метр и килограмм — эти метрические единицы знают все. Их международные стандарты, на которые равняются при любых измерениях, начали разрабатывать вскоре после принятия в Париже 20 мая 1875 года международной Метрической конвенции. Для отслеживания стандартизации метрических единиц было учреждено Международное бюро мер и весов, которое работает под контролем Международного комитета мер и весов.

После стандартизации метра и килограмма появились эталоны других величин, которые используются для описания окружающего мира. В 1927 году были созданы эталоны измерения электричества, в 1937-м — эталоны измерения в фотометрии и радиометрии, в 1960-м — ионизирующих излучений, в 1984-м — измерений с помощью лазеров, в 1988-м — времени, в 2000-м — химических величин.

Долгое время многие единицы измерения, используемые в биологии, не попадали в поле зрения Бюро. Однако начавшееся в 1980—1990-х годах взрывное развитие генной инженерии и методов генетического анализа показало, что без эталонов измерения различных биологических па-

эталон — средство (или комплекс средств) измерений, обеспечивающее воспроизведение и хранение единицы физической величины для передачи её размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений. По метрологическому назначению эталоны делятся на первичные, вторичные и специальные. Первичный эталон служит для воспроизведения единицы с наивысшей в стране точностью. Вторичные эталоны создаются для организации поверочных работ и обеспечения сохранности первичного эталона. Специальный эталон служит для воспроизведения единицы в особых условиях, при которых первичный эталон не может быть использован.

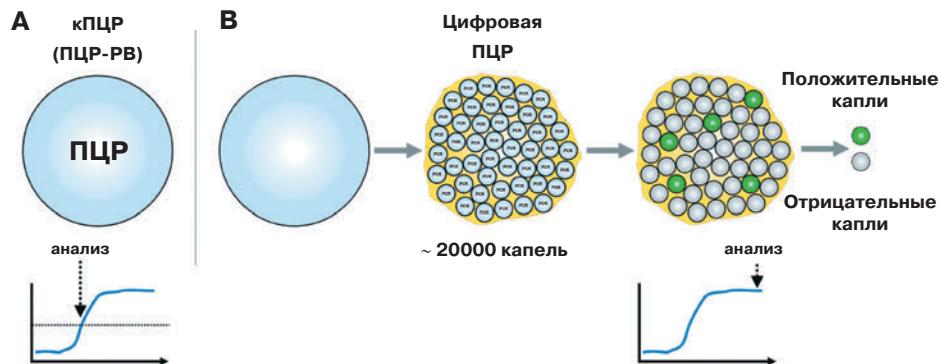
раметров дальше обходиться нельзя — например, стал крайне необходим эталон измерения количества нуклеиновых кислот. Поэтому в последней, девятой, Брошюре системы SI 2019 года есть пункт (2.3.5) «Единицы величин, описывающих биологические и физиологические явления»*.

Ища какую-нибудь ДНК, например, в медицинском анализе, нужно знать не только, есть ли она там в принципе, но и сколько её там. То есть требуется не масса ДНК (потому что масса указывает на ДНК вообще, на любую ДНК с любой последовательностью нуклеотидов), а количество копий конкретной — искомой — последовательности ДНК, например, последовательности, кодирующей белок какого-нибудь вируса. Метрическая единица должна указывать концентрацию такой ДНК и выражаться в количестве копий на микролитр (μl), а эталон этой единицы — фиксированное количество копий последовательности ДНК в определённом объёме.

И само наличие ДНК, и её количество можно определить с помощью ПЦР, или полимеразной цепной реакции. Реакция полимеразная, потому что её выполняет фермент ДНК-полимераза, цепная — потому что число копий растёт лавинообразно, каждая появившаяся копия служит шаблоном для синтеза следующей. Её суть в том, что за короткое время у исследователей появляется огромное количество копий интересующей их ДНК-последовательности. Если нужной ДНК в образце нет, реакция не пойдёт. Но если есть, в растворе будут появляться всё новые и новые копии, и даже если изначально ДНК было очень и очень мало, то в конце концов её появится столько, что она, образно говоря, станет видимой.

Если в одном образце ДНК изначально меньше, чем в другом, то за одно и то же время ПЦР в одном образце новых копий появится больше, а в другом — меньше. Зная время реакции и измеряя прирост ДНК в единицу времени, можно опреде-

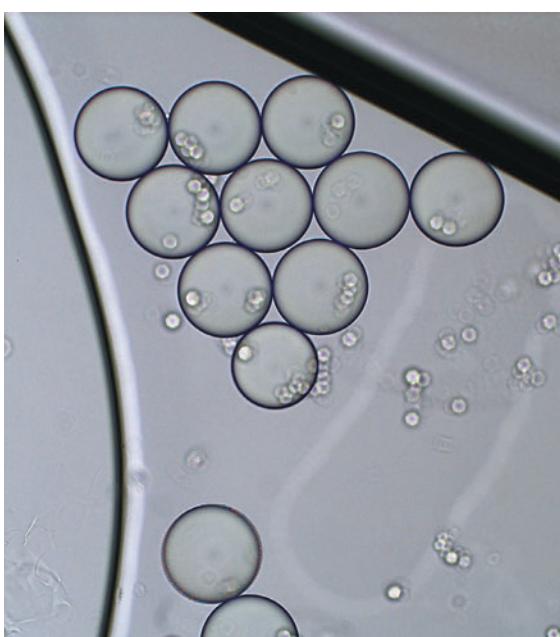
* См. <https://www.vniim.ru/files/SI-2019.pdf>.



В обычной количественной ПЦР (кПЦР) измеряют, как меняется количество ДНК в целом образце в течение определённого времени (A). Поэтому такую ПЦР называют ещё ПЦР в реальном времени, или ПЦР-РВ (или *rt-PCR, real time PCR*). Уровень ДНК оценивают до того, как закончилась реакция, и оценивают несколько раз; чем больше ДНК было изначально, тем круче повышается её уровень. Крутизну изменений в количестве ДНК сравнивают с калибровочным образцом и тем самым делают вывод, сколько копий ДНК было в образце изначально. В цифровой ПЦР образец разбивают на тысячи капель объёмом порядка нанолитра и после этого в каждой капле запускают ПЦР (B). Реакцию доводят до конца, после чего смотрят, в каких каплях она прошла (положительные капли), а в каких — нет (отрицательные капли). Положительные и отрицательные капли можно уподобить нулям и единицам цифрового кода, поэтому ПЦР и называется цифровой (или капельно-цифровой — *ddPCR, droplet digital PCR*). Соотношение капель «нулей» и капель «единиц» анализируют с помощью распределения Пуассона, которое и даёт количество копий ДНК в исходном образце.

Рисунок из статьи: Lodrini M., Sprüssel A., Astrahantseff K. et al. //Oncotarget. 2017; 8:85234 – 85251/CC BY 3.0 (с изменениями).

лить, сколько её было изначально. Собственно, на этом основаны количественные варианты ПЦР. Но, во-первых, для того чтобы оценить прирост — а, следовательно, и исходное количество ДНК, — нужен калибровочный образец для сравнения. Про калибровочный образец точно известно, сколько ДНК в нём было, — такой образец обычно даёт производитель ПЦР-тест-системы. Однако производители бывают разные, и калибровочные образцы разные. А во-вторых, те последовательности ДНК, количество которых надо узнать, тоже ведь разные, есть более длинные, есть покороче. Измеряя количество то одной, то другой, то третьей ДНК, исследователи опираются на одну-единственную калибровку тест-системы, и ошибки в этом случае неизбежны. Они не очень велики, и для каких-то целей данные обычной количественной



Капли-микрореакторы, используемые при проведении цифровой ПЦР.

ПЦР вполне приемлемы, но для каких-то — нет.

Вариант ПЦР, который позволяет намного более точно оценить количество нужной ДНК и притом обойтись вообще без внешней калибровки, — это так называемая цифровая ПЦР. В цифровой ПЦР образец разбивают на десятки тысяч микрокапель и в каждой запускают полимеразную цепную реакцию. В каких-то каплях ДНК вообще нет, в какие-то попала только одна молекула, в какие-то — две, три, десять молекул и т. д. Но для цифровой ПЦР на самом деле важно только одно: была ли в конкретной капле ДНК или её там вообще не было. Если была, реакция в капле пройдёт, если нет — не пройдёт. Капли, в которых реакция прошла или не прошла, можно сравнить с нулями и единицами, потому что ПЦР и получила название цифровой. Вероятность реакции зависит от того, попадёт в конкретную каплю хоть сколько-то интересующей нас ДНК. Разумеется, это зависит от общего количества копий ДНК в исходном образце. Распределение ДНК по каплям подчиняется математической закономерности, которая называется распределением Пуассона. Зная соотношение капель-«нулей» и капель-«единиц», можно с

помощью распределения Пуассона узнать, сколько копий ДНК было изначально. Здесь не нужно сравнивать образец с другим образцом, вместо этого количество ДНК определяет вероятностная математика.

Разницу между предыдущими методами количественной ПЦР и цифровой ПЦР можно отчасти уподобить измерению длины стопами ног (футами) или метром. Наши стопы, с одной стороны, не так уж сильно различаются (трёхметровых гигантов и крошечных карликов среди людей нет); с другой стороны, точность измерения будет всё равно приблизительной. Совсем иное дело метр. Были времена, когда эталонный метр представлял собой металлическую балку, хранящуюся в Международном бюро мер и весов, — если у кого-то возникали сомнения, точно ли его рулетка или измерительная линейка разделены на правильные метры, то он мог прийти и сравнить свой измерительный прибор с эталонным метром. Во второй половине XX века было решено привязать измерительные величины к физическим константам, и сейчас метр определяется как длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1 / 299\,792\,458$ секунды. Это значит, что теперь, когда говорят об эталоне метра,



Комплекс оборудования для измерения числа копий последовательности ДНК методом капельной цифровой ПЦР. За стеной проходит процесс пробоподготовки.

то имеется в виду уже не металлическая балка, а комплекс процедур, которые покажут, соответствует ли эталонному определению метра данный прибор для измерения длины.

Измеряя количество определённой последовательности ДНК, высчитывают количество её копий в единице объёма. Эта величина — своеобразный универсальный «метр». Как и для настоящего метра, для неё должны быть эталонные измерительные процедуры. Например, те, кто измеряет в медицинской лаборатории с помощью цифровой ПЦР количество генов коронавируса в образцах, взятых у разных людей, должны быть уверены, что эти измерения не противоречат эталонной процедуре. Единство всех эталонов обеспечивают национальные метрологические службы, связанные с Международным бюро мер и весов. Если говорить об измерении количества ДНК-копий, то разные национальные метрологические лаборатории часто фокусируются на конкретных ДНК-последовательностях. Действительно, и для фундаментальной науки, и для медицинских лабораторий важна не столько ДНК вообще, сколько конкретные гены, регуляторные ДНК-элементы и т. д. Поэтому национальная метрологическая лаборатория может заниматься преимущественно эталонными измерениями генов ВИЧ, или вируса гриппа, или некоторыми онкогенами. Впрочем, есть и такие лаборатории, которые следят за стандартами в отношении любой последовательности, которую вдруг захотелось посчитать в том или ином образце.

До последнего времени в России не занимались эталонными процедурами, которые бы позволяли оценить число копий ДНК-последовательности также точно, как это делают за рубежом. Исправить ситуацию взялись в научно-исследовательском отделе государственных эталонов и стандартных образцов в области биоаналитических и медицинских измерений ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (Росстандарт). Система эталонных измерений предполагает не только аппаратуру для цифровой ПЦР (это будет прибор компании BioRad Laboratories), но и оборудование для секвенирования ДНК (то есть для чтения последовательности) — для этого предполагается использовать капиллярный



Установка образцов с пробами в реакционный блок для проведения ПЦР.

секвенатор «Нанофор-05», разработанный в Санкт-Петербургском Институте аналитического приборостроения РАН. Завершить работу по созданию эталонных измерительных процедур планируется в конце 2023 года.

В отсутствии стандарта могут получиться результаты, отличающиеся друг от друга в тысячу раз, а объяснить, почему так вышло, без эталонных измерительных процедур будет намного труднее. Комплекс процедур для эталонного измерения копий ДНК позволит стандартизировать и тем самым повысить достоверность результатов во всех лабораториях, где используется ДНК-диагностика, от судебных до санитарно-эпидемиологических. Данные, получаемые в таких лабораториях, можно будет легко сверить со стандартами национальной метрологической службы, а через неё — с данными других лабораторий, работающих в рамках эталонной процедуры измерения.

Стандарты измерения ДНК-последовательностей позволят повысить и уровень фундаментальных исследований, увеличить точность измерений, выполняемых при изучении патогенеза вирусов, при разработке и производстве вакцин и терапевтических препаратов.

**Анна ПЕТРЕНКО,
Кирилл СТАСЕВИЧ.**
Фото предоставлены ВНИИМ
им. Д. И. Менделеева.

МАГНИТОФОНУ РАНО В ОТСТАВКУ

Техника магнитной записи, появившаяся в позапрошлом веке, находит применение и в наше время, да ещё на самом переднем крае науки. Данные, полученные на Большом адронном коллайдере, прежде всего фиксируют на жёстких дисках (их в data-центре при коллайдере около 90 тысяч, а общая их ёмкость 487 петабайт). Но тут они хранятся несколько месяцев, а для долгосрочного хранения информацию переносят на магнитную ленту и делают несколько копий для научных центров в других странах. Это надёжнее: из библиотеки жёстких дисков еженедельно отказывают три десятка. Кроме того,

лента много дешевле и в хороших условиях может храниться десятилетиями.

На снимке внизу: бобина компьютерной магнитной ленты диаметром 270 мм, на ленте девять дорожек записи.

ПИЩА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ

Экологи и медики из Мичиганского университета (США) рассмотрели типичный рацион американцев с точки зрения его влияния на продолжительность жизни, включив в своё исследование 5853 блюда, продукта и напитка. Хотя, очевидно, мало найдётся чудаков, которые всю жизнь придерживались бы одного стиля питания, методы статистики позво-

лили авторам на основе баз данных по питанию, болезням и продолжительности жизни американцев оценить в конкретных цифрах, сколько дней жизни отнимает либо добавляет неправильная или здоровая диета. Одна порция самых вредных блюд отнимает у едока до 74 минут жизни, а порция чего-то полезного продлевает жизнь на 80 минут. К самым вредным относится, например, сосиска в булке (хот-дог) — она обойдётся в 36 минут жизни, стакан колы или пепси — в 13 минут. Самые вредные продукты — готовые мясные изделия вроде колбасы, практически любое мясо и креветки, а также фрукты и овощи из теплиц. Зато кусок пирога с яблоками добавит 1 минуту 18 секунд жизни. Ещё полезнее арахис и любые орехи, а также морские водоросли.

Правда, у этих выводов уже нашлись критики. Когда результаты исследования были опубликованы в «Твиттере», один из пользователей написал, что по количеству съеденных хот-догов он должен был умереть 56 лет назад.

ОТ КАРАНТИНА ЛЮДИ ГЛУПЕЮТ

Это доказали шотландские психологи, работавшие с 342 добровольцами в возрасте от 18 до 72 лет, подвергшимися изоляции на 13 недель по случаю пандемии. Части участников разрешалось ненадолго выходить из дома для прогулки и даже в ближайший магазин, но некоторые, особенно люди постарше и с грузом других заболеваний, безвыходно сидели дома. Всем им предлагали проходить в интерне-



фото: Peil/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0



те психологические тесты на внимание, память, обучаемость, на способность оценивать промежутки времени и принимать решения. Эти функции заметно ухудшились за время изоляции, но после того, как карантин был снят, они довольно быстро восстановились, особенно у молодых людей. Ранее подобные явления отмечались у космонавтов, сотрудников антарктических станций, одиночных заключённых.

КЛИМАТ ТЕПЛЕЕТ — ЖИВОТНЫЕ РАСТУТ

В биологии известно так называемое правило Аллена, установленное американским зоологом Дж. Алленом в 1877 году: теплокровные животные, обитающие в холодных климатических зонах, обладают более короткими выступающими частями тела, чем их родичи, живущие там, где теплее. Более крупные уши, носы, длинные ноги и крылья служат радиаторами, позволяя южным животным избавляться от лишнего тепла. Но на севере тепло надо сберегать.

Австралийские биологи из университета Дикина (Мельбурн) сообщают, что у некоторых видов австралийских попугаев с 1871 года

размер клюва увеличился на 4–10%. Та же тенденция к увеличению выступающих органов, обычно не более чем на 10%, замечена у американских птиц и млекопитающих. При дальнейшем потеплении тенденция может продолжиться, но до определённых пределов: слишком длинные носы, клювы и другие части тела могут мешать их обладателю. Есть и другие способы спасаться от жары. Например, в разгар дня прятаться под листвой деревьев, в норах или пещерах и даже переселяться севернее, что уже замечено у многих животных, от насекомых до млекопитающих.

На снимках: самым длинным клювом обладает австралийский пеликан — до полуметра, но по относительному размеру клюва его обогнал колибри-мечеклюв, длина тела которого от основания клюва до кончика

хвоста порядка 13–14 см, а длина клюва — до 11 см.

ДЕЛЬФИН-РОБОТ

Во многих странах сейчас запрещён показ в цирке дрессированных животных — это считается для них мучительным. Но дельфинарии, где выступают дрессированные дельфины, пока разрешены. По статистике, в мире заперты в таких бассейнах около 3000 дельфинов. Одна из американских фирм, обслуживающих Голливуд, создала робота-дельфина весом 250 кг, то есть не больше обычного дельфина-афалины. Обошёлся он более чем в три миллиона долларов, но для киноиндустрии это расход небольшой. К тому же, отпадают расходы на содержание и кормление. Один китайский парк развлечений уже заказал несколько экземпляров.



СЛИШКОМ ГОРЯЧЕЕ КАКАО

Изменение климата приводит к перераспределению климатических зон, благоприятных для той или иной сельскохозяйственной культуры. Это уже происходит с кофе (см. «Наука и жизнь» № 8, 2021 г., с. 12). Теперь, как предупреждают перуанские ботаники, под угрозой окажется какао. Но надежда для любителей этого напитка и шоколада всё же есть. Культурные сорта какао, выведенные аборигенами ещё до появления в Америке европейцев, хорошо растут в районах со средней годовой температурой +23—26°C и минимумом не ниже +10°C. При повышении средней температуры пригодные для деревьев какао площади в Перу сократятся примерно на 10%. Но в лесах Южной Америки существуют другие разновидности, выдерживающие и более жаркий климат, правда, менее вкусные и не столь урожайные. Если индейцы в своё время затратили на выведение культурного какао из диких сортов целые века, в наше время, особенно с применением генной инженерии, процесс займёт только годы. И по прогнозам, к 2070 году зона выращивания какао может

Фото: Caspar S/Millimedia Commons/CC BY 2.0



даже расширяться, охватив другие районы, не те, где его культивируют сейчас.

На снимке одна из разновидностей дикого какао.

МЫ С ВАМИ ГДЕ-ТО ВСТРЕЧАЛИСЬ

Довольно широко используются (не всегда с хорошими целями) программы, позволяющие по кадру с видеокамеры наблюдения опознать того или иного человека. Подобная программа, но для распознавания «лиц» медведей создана в США. После обучения на 4674 фотографиях она стала узнавать 132 медведя. Изобретение позволит следить за перемещениями животных по снимкам автоматических камер, установ-

ленных в районах их обитания, что облегчит работу зоологов. Точность определения составляет 84%.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УГРИ ДАЮТ ЗАЛП

Бразильский электрический угорь *Electrophorus volitai* имеет длину до двух метров, весит около 20 кг и выдаёт разряды напряжением до 860 вольт. Зоологи из Института исследований Амазонии в Манаусе (Бразилия) наблюдали, как группа угрей от 10 до 100 особей окружала стайки мелких рыбёшек и загоняла их на мелководье, где одновременно включала свои «генераторы». Рыбки, парализованные электрическим ударом, становились лёгкой добычей.

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Продажи электромобилей выросли в мире за прошедший год более чем вдвое — большой рост, но конкретные цифры всё же скромны: это всего 4% от проданных автомобилей. Многих смущает довольно длительный процесс зарядки, иногда занимающий 5—6 часов. Некоторые производители начинают перевод своей техники с аккумуляторов напряжением 400 вольт на удвоенное. Высокое напряжение позволяет сделать провода на зарядной станции и в автомобиле менее толстыми, так как для передачи той же мощности требуется меньшая сила тока. Большинство проводов делается из меди, цены на которую в последнее время сильно выросли. Важно и то, что электромотор на

Фото: Jessica Matthews/Washington Post





более высокое напряжение меньше обычного и тоже требует меньше меди. Убыстряется и процесс зарядки. Электромобиль, рассчитанный на 800 В, заряжается значительно быстрее 400-вольтового. Так, спортивный автомобиль на 800 В заряжается с 5 до 80% ёмкости за 22,5 минуты вместо полутора часов при 400 В. Но при этом требуется и замена электроники как в зарядных станциях, так и в электромобилях. Обычные кремниевые микросхемы не выдерживают такую мощность, необходимы чипы на основе карбида кремния.

На снимке вверху показан в разрезе один из новых электромобилей на выставке автотехники в Вашингтоне. На переднем плане — аккумулятор от этой модели.

САМОКАТ НА ПАСТЕ

Немецкие химики предлагают новый энергоноситель для электротранспорта —

пастообразное вещество гидрид магния (см. фото), которое при добавлении воды выделяет водород. Водородная энергетика считается перспективной для авиации (см. «Наука и жизнь» № 3, 2021 г., с. 63), но хранить такое горючее надо либо в толстостенных баллонах, либо в виде жидкости при -253°C . Хотя уже выпускаются автомобили на водороде (на дорогах Германии есть 100 водородных заправок), иметь с ним дело неудобно. Пока создатели водородной пасты замахиваются только на электросамокаты, которым,

кроме запаса пасты, придётся брать с собой запас воды. В топливном элементе водород будет давать электроэнергию. Пробег с одной зарядки окажется гораздо длиннее, чем у самоката на аккумуляторах. Предстоит и выпуск дронов на водородной пасте — они смогут летать по несколько часов вместо обычных 20 минут. Строится экспериментальная установка синтеза водородной пасты, рассчитанная на четыре тонны в год. Возможно, дело дойдёт и до электромобилей на пасте.



Фото: Fraunhofer IFAM

В материалах рубрики использованы сообщения следующих изданий: «Economist», «Journal of Applied Cognitive Psychology», «Nature» и «New Scientist» (Великобритания), «Geo» и «Psychologie Heute» (Германия), «Fortune» и «Smithsonian» (США), «Science et Vie Junior» (Франция).

СКИФСКИЕ КУРГАНЫ НА ДОНЕ: ПОГРЕБЕНИЯ АМАЗОНOK И ЗАГАДКА СЕРЕБРЯНОЙ НАКЛАДКИ

Много лет Донская археологическая экспедиция Института археологии РАН под руководством доктора исторических наук Валерия Ивановича Гуляева ведёт раскопки на территории Острогожского района Воронежской области на правом берегу притока Дона реки Девица, где располагается курганская группа скифского времени. К сожалению, большинство курганов скифского времени были ограблены ещё в древности. Однако во время полевого сезона 2019 года в одном из них — кургане № 9 — обнаружено два нетронутых захоронения. А летом 2021 года в кургане № 7 археологов ждало открытие.

Курган № 9 диаметром 40 м возвышается над поверхностью земли всего лишь на один метр. Под ним почти 2350 лет назад скифы захоронили четырёх человек. Над большой могильной ямой размером 4,71 × 4,15 м на 10 столбах (и ещё на одном столбе в коридоре-дромосе*, ведущем в гробницу с восточной стороны) были уложены крест-накрест дубовые плахи. Стены ямы облицованы деревянными досками, остатки которых даже сохранились на своём месте, а дно было прокалено, что, возможно, связано с религиозными воззрениями скифов. У северной стены ямы были захоронены женщина 20—25 лет и девочка 12—13 лет. Но их останки разбросали грабители. Случилось это примерно через один-два века после создания кургана. Грабительский ход археологи нашли тут же. А в нём — обломанный чернолаковый арибаллический ле-

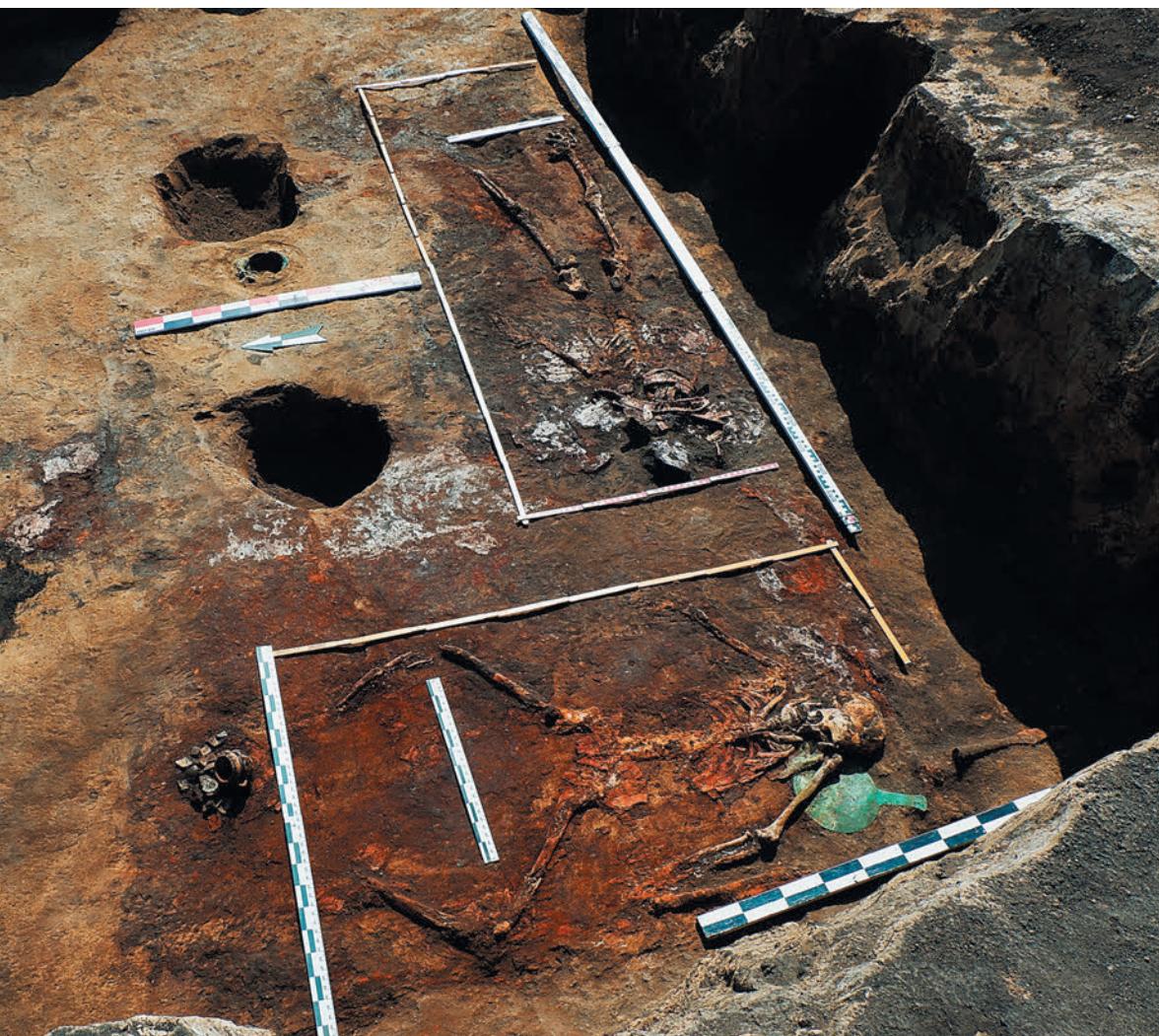
киф (сосуд с узким высоким горлом и длинной ручкой) для благовоний, украшенный краснофигурной пальметкой (растительным орнаментом в виде листа пальмового дерева), и… часть костей девушек. Грабители не смогли забрать все погребальные дары, и археологам достались предметы, связанные с коневодством (например, крюки для подвешивания узды, части конской сбруи), оружие (наконечники стрел, пряжка-сольгама и португейная пряжка в виде птички), а также ножи, множество костей животных и черепки лепных сосудов.

Разорители могилы не заметили, что у западной и южной стен ямы есть ещё два погребения — двух женщин старшего возраста. К тому времени дубовые перекрытия прогнили и рухнули, завалив часть погребальной ямы. Женщины были уложены на деревянные ложа поверх подстилки из трав и импровизированной подушки из земли, также покрытой травой. Захороненная вдоль западной стены погребальной ямы женщина 30—35 лет



лежала в так называемой позе всадника — её ноги были согнуты в коленях в разные стороны. Похоже, для этого усопшей пришлось подрезать сухожилия, но, может быть, следы на костях, принятые при антропологическом осмотре за надрезы ножом, принадлежали грызунам. Рядом с ней находились два копья, одно из которых было уже и длиннее другого. Оба копья были завёрнуты в несколько слоёв ткани или спрятаны в плотные тканевые мешочки.

* Дромос — путь или коридор, ведущий в погребальную камеру гробницы или кургана.



Могильник Девица V. Курган № 9. Общий вид погребения.

Под левым плечом женщины лежало большое бронзовое зеркало — тоже в тканевом чехле, сохранившемся фрагментарно. Впрочем, это не помешало установить, что чехол был изготовлен из трёх разных тканей растительного и животного происхождения. Левую руку воительницы украшал браслет из стеклянных бусин, а в ногах стояли два сосуда — лепная курильница и чернолаковый канфар

(чаша для вина) с одной ручкой, который археологи датировали второй четвертью IV века до н. э.

Надругом ложе вдоль южной стены покоялась женщина 40—50 лет — довольно преклонного возраста для эпохи скотов. У её головы лежали железный нож, заботливо обёрнутый когда-то тканью, и наконечник стрелы редкого типа: черешковый с раздвоенным концом. Но самое потрясающее археологи

обнаружили на черепе этой древней жительницы Среднего Подонья — роскошный головной убор отличной сохранности. И хотя его органическая основа истлела, все золотые штампованные пластины, украшенные растительным орнаментом, и ободки с подвесками в форме амфор за тысячелетия лишь немного съехали с головы.

Такие женские головные уборы — их называют кала-

Могильник Девица V. Курган № 9. Золотая пластина головного убора (метопида) до реставрации.

фами — были распространены в скифском мире в IV—III веках до н. э. Остатки калафов были найдены в погребениях по всей территории скифской культуры. Их положение в могилах, а также изображения головных уборов на предметах обихода скифов позволили создать реконструкции: скифский калаф представлял собой высокий кокошник с загибающимися назад дугообразными краями. С тыльной стороны передней части калафа крепилась ткань, которую декорировали по краям золотыми нашивными бляшками. А саму переднюю часть украшали золотые пластины, часто с подвесками. 70% сплава, из которого изготовлены украшения калафа старой ски-



фянки, составляет золото. Остальные 30% приходятся на медь, серебро и совсем немного — на железо. По мнению Валерия Ивановича Гуляева, доля чистого золота в этом убре довольно высока для украшений скифского времени. Общий вес золотого изделия составляет 192 г. Подобных головных уборов найдено всего около 20, а на Среднем Дону — это первая находка такого рода.

У костяка пожилой женщины отсутствовали кости левой руки, левой стопы, таза. Предположительно,

грабители всё же смогли утащить часть её погребального инвентаря, — вряд ли женщину похоронили лишь в одном калафе. Очевидно, что и её погребальный наряд был богато расширен украшениями из драгоценных металлов — такой вывод можно сделать из находок в других элитных скифских погребениях.

По мнению исследователей, все четыре женщины были похоронены осенью. Такое точное заключение палеозоологи сделали на основании находки в захоронении останков шести-



Могильник Девица V. Курган № 9. Захоронение пожилой скифянки. Детали головного убора.



восьмимесячного ягнёнка. А ягната обычно рождаются весной. Но по какой причине несколько разновозрастных женщин могла постичь смерть одновременно, установить не удалось: никаких следов травм на их костях не обнаружено. Лишь на останках девочки и молодой женщины есть признаки туберкулёза и бруцеллёза.

Можно предполагать, что женщина в калафе занимала высокое положение в сообществе. А у женщины с ложа у западной стены копья, по-видимому, тоже оказа-

лись не просто так: очень соблазнительно считать её охранницей «старушки». Поскольку скифы не давали сородичам в загробный мир бесполезных предметов, обращаться с оружием и скакать на коне женщины, похороненные в кургане № 9, скорее всего, умели. Археологи отмечают, что во многих среднедонских скифских захоронениях женщин есть оружие.

В полевом сезоне 2021 года во время раскопок мужского погребения в могильнике Девица V археологи

Донской экспедиции обнаружили в кургане № 7 часть сохранившегося погребального инвентаря.

Курган № 7 находится рядом с курганом № 9, и при том же диаметре его высота лишь немногим больше — 130 см. Но археологи считают, что он — один из крупнейших во всём могильнике. Здесь тоже была устроена деревоземляная гробница — перекрытие из дубовых плах на дубовых же столбах. Правда, она имела больший размер — 7,5 × 5 м и без коридора-дромоса. →



Могильник Девица V. Курган № 7. Общий вид погребения.

В кургане № 7 был похоронен воин, человек лет 40—50. Наверняка убранство его погребения было роскошным, но археологи оценить его полностью не смогли. Ещё в древности уже после того, как перекрытие гробницы рухнуло, центральную часть гробницы ограбили. Но всё отыскать и вынести грабителям не удалось. Рядом с костяком мужчины лежал железный нож и сохранилось кое-что из оружия, данного ему в загробный мир соплеменниками: наконечники копья и трёх дротиков. Дерево древков истлело, но вот втоки сохранились. Эти металлические утяжелители насаживались на обратный конец древка и предназначались для баланса веса копья. Поскольку наконечники и втоки копья и дротиков сохранились *in situ*, то есть на том месте, куда их положили две с лишним тысячи лет назад, археологи смогли

Накладка после реставрации.

восстановить длину оружия. У копья она составила около 320 см, а удротиков — около 220.

В стороне от захоронения частично сохранились три набора конской упряжи: железные налобники, удила, псалии (стержни для закрепления направляющих ремней упряжи), пряжки подпружи, ворворки (фурнитура для закрепления узлов и концов ремней сбруи) из кости, железа и бронзы, шесть бронзовых нашёчных блях в виде оскаленных волчьих морд. С одной стороны головы воина археологи также обнаружили небольшие полусферические бляшки из золота — вероятно, ими было украшено ложе покойного.

Из глиняных сосудов, которые скифы также помещали в могилу сородичам, сохранились лепной кубок



и большой чернолощёный кувшин. Весь комплекс вещей археологи датируют IV веком до н. э.

Нашли археологи и кости животных. Рядом с воином лежало ребро лошади, его интерпретировали как напутственную пищу, которая вместе с поминальной



*Могильник Девица V. Курган № 7. Накладка в погребении *in situ*.*



тризной была неотъемлемой частью погребального ритуала скотов. В качестве напутственной пищи часто выступала именно грудинка животного с отсечёнными костями позвоночника.

Медвежью челюсть, найденную рядом с комплектами упряжи, археологи связали с культом медведя, возможно, распространённого среди племён Степной и Лесостепной Скифии. Этот культ отражён в украшении и оформлении предметов обихода, крючков-застёжек и элементов конской сбруи, найденных в курганах скотов.

Но особенная находка ждала участников Донской экспедиции в северо-восточной части погребальной ямы, на большом расстоянии от основного погребения. Там был уложен какой-то предмет, к деревянной основе которого маленькими серебряными гвоздиками была прибита серебряная накладка длиной 34,7 см и шириной в средней части 7,5 см. Что это за предмет,

археологи выяснили пока не смогли — дерево практически не сохранилось. Но зато они внимательно рассмотрели, что изображено на пластине.

В её центре археологи разглядели изображение обнажённой по пояс богини в рогатой короне — Владычицу зверей, которую в Скифии называли Аргимпасой, в Малой Азии — Кибелой, а где-то и вовсе Великой богиней. По сторонам от неё расположены фигуры крылатых грифонов с орлиными головами. С левой стороны к накладке прикреплены две квадратные пластинки, на которых изображены синкетические (то есть сочетающие в себе элементы разных верований) существа. Они стоят в геральдической

позе — друг напротив друга, соединив лапы. С правой стороны к накладке приклёпаны две круглые бляхи, каждую из которых украшает антропоморфный персонаж с короной на голове в компании двух грифонов. Что за персонажей изобразил мастер на серебряной пластине, что они символизируют и какую вещь украшала накладка, пока остаётся загадкой.

Но эту находку в любом случае можно считать открытием, ведь ранее подобных предметов в курганах Среднего Подонья, да и в целом в Скифии не находили. Также археологи отмечают и редкость изображения антропоморфных божеств на древностях скотовской эпохи.

Юлли УЛЕТОВА. По материалам Донской археологической экспедиции Института археологии РАН.

Автор выражает благодарность сотрудникам Донской экспедиции за помощь в подготовке публикации и предоставленные фотографии.

Фото Семёна Володина,
Донская археологическая экспедиция ИА РАН.

Мы плохо понимаем, как тесно переплетены сегодня наука и техника, как много техники требует развитие науки и как много науки требуется для существования техники. А даже если догадываемся, каким шедевром инженерии является крупный ускоритель или телескоп, то знаем ли, сколько науки носим в кармане?

Плотность расположения элементов на микросхеме определяется возможностями технологии, конкретно — возможностью переноса на поверхность фоторезиста картинки расположения областей, которые надо подвергнуть какой-либо дальнейшей обработке. После этого часть фоторезиста удаляется и обнажившаяся поверхность окисляется, травится, на неё что-то напыляется и т. д. Засветка фоторезиста осуществляется ультрафиолетовым излучением, причём чем короче длина волны, тем более мелкие элементы могут быть реализованы. Ультрафиолетовое излучение формируется в вакуумной камере, и в неё не должно попасть всё то, что летит от резиста в момент засветки. Всё ясно — засвечивать нужно через окошко. Что бы нам в это окошко вставить? С учётом того, что размер окошка не маленький — около 10 см.

Долгие и тщательные поиски привели к тому, что в качестве защитного покрытия (его называют пелликлом) используются плёнки толщиной 35—50 мкм (в тысячу раз меньше диаметра волоса) на основе кремния. При этом надо исхитриться соблюсти несколько условий. В частности, плёнка не должна сильно

поглощать ультрафиолет (от этого она нагревается), должна хорошо излучать тепло (тогда она меньше нагревается), а при той температуре, до которой она всё-таки нагревается, должна выдерживать перепад давлений. Да, и ещё — выдерживать термоциклирование, ибо в процессе работы горячее пятно ездит по несчастному пелликулу. Причём производительность установки зависит от мощности излучения, которую разработчики установок стараются сделать побольше.

В Институте физики микроструктур (Нижний Новгород) исследовали целый спектр многослойных плёнок, в которых слои бериллия чередовались со слоями из кремния, циркония, дисилицида циркония $ZrSi_2$, молибдена, рутения или азотированного бериллия. Например, 2,5 мкм Si, потом 1,5 мкм Be, и так 23 раза, итого 46 слоёв, общая толщина 92 мкм. Авторы обнаружили, что среди структур на основе бериллия есть такие, что не уступают по своим свойствам структурам на основе кремния, и, возможно, параметры плёнок на основе бериллия и азотированного бериллия ещё могут быть улучшены.

Редакция, как часто пишут, будет следить за событиями.

Зуев С. Ю., Лопатин А. Я., Лучин В. И., Салащенко Н. Н., Татарский Д. А., Цыбин Н. Н., Чхало Н. И. Сравнительное исследование термостойкости пелликлов на основе бериллия. ЖТФ, 2022, вып. 1, с. 92.

CO_2 И ПОТЕПЛЕНИЕ

Парниковый эффект, углекислый газ, глобальное потепление — актуальная тема. Два ключевых вопроса — почему растёт содержание CO_2 в атмосфере и с чем связано потепление. Почти все, кто об этом говорит и пишет, утверждают, что рост его содержания вызван сжиганием нефти и угля и уменьшением площади лесов, и уже рост содержания CO_2 вызывает потепление. Обо всём этом пишут и говорят, как о чём-то очевидном, причём в большинстве случаев люди, даже не попытавшиеся разобраться в непростой физике и химии всех процессов, имеющих отношение к делу. И это естественно — повторять простое проще, чем разбираться в сложном. А в данном

случае процессы и сложны, и, как оказалось, недостаточно изучены.

В Объединённом институте высоких температур РАН посредством тщательного и критического анализа опубликованных данных было выявлено много любопытного. Во-первых, как оказалось, изменение площади лесов не вносит заметного вклада в баланс CO_2 . Во-вторых, существующие модели «парникового эффекта» не учитывают различия в механизмах взаимодействия теплового излучения с разными компонентами атмосферы — углекислым газом, водяным паром, каплями воды — и тем самым завышают направленный на Землю поток излучения в 5—6

раз. Так что колебания температуры связаны в основном не с углекислым газом. Хотя бы потому, что время удвоения массы углекислого газа в атмосфере (120 лет) радикально превышает время удвоения массы сжигаемых горючих ископаемых в единицу времени (40 лет).

В-третьих — и это самое интересное, — равновесие между связанным углеродом на поверхности Земли и углекислым газом атмосферы в настоящее время принципиально отличается от того, что было раньше. Например, в прошлом связанный углерод представлял собой растворённый в океане углекислый газ, а сейчас связанный углерод входит в состав

растворённых в океане карбонатов. Возможно, что в результате хозяйственной деятельности человека в океане уже растворено достаточное количество катализатора в виде радикалов, которые переводят растворённый углекислый газ в карбонаты.

Так что у человека, наверное, всё равно «рыльце в пуху», но, вполне вероятно, в другом. И если мы хотим заниматься этим всерьёз, то важно, в каком именно.

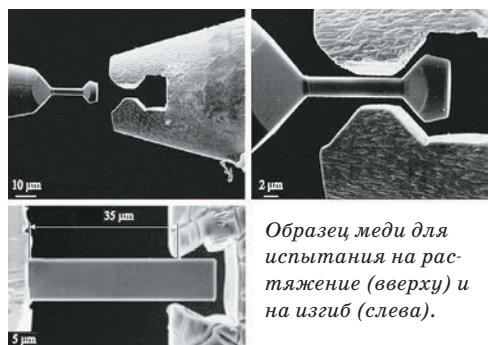
Смирнов Б. М. Проблемы глобальной энергетики атмосферы. Термофизика высоких температур, 2021, № 4, с. 589.

ПРОЧНЫЙ, ТВЁРДЫЙ, МАЛЕНЬКИЙ

По мере расширения области, исследуемой физикой и используемой техникой, решённые вопросы возникают заново, традиционные методы перестают работать. Новое требует новых подходов, поэтому нанообласть — не просто что-то маленькое, а новая область. Вот, например, твёрдость, прочность, жёсткость — не всё ли мы об этом знаем, и давно? Прочность исследовал ещё Леонардо да Винчи! Но в Тамбовском и Московском государственных университетах собрали, проанализировали и сопоставили данные, имеющиеся в этой области, и оказалось, что знаем мы не всё.

Подробный разбор методов исследования сопровождён важным замечанием: «Существует общая тенденция — чем менее трудоёмка и проста подготовка образцов, тем сложнее интерпретация результатов». Читая подобные работы и погружаясь в материал, мы делаем свои маленькие открытия. В качестве индентора, острия, погружающегося в материал при измерении твёрдости, используют трёхгранную или четырёхгранный алмазную пирамидку. Оказывается, трёхгранная лучше, потому что у неё всегда есть вершина, а четыре плоскости не сходятся в точке, и образуется перемычка! Или вот — понятно, что индентор изнашивается при работе с твёрдыми материалами и точность падает. Но она падает и при работе с мягкими материалами — потому что крупинки мягкого отрываются и налипают на индентор.

Исследование механических свойств современными методами производится одновременно с электронной микроскопией и рентгеновскими методами. Высокая чувстви-



Образец меди для испытания на растяжение (вверху) и на изгиб (слева).

Фото из статей D. Kiener et al., Acta Materialia, 56 (3) (2008) и D. Kiener et al., Scripta Mater. 63, 500 (2010), цитируемых в реферируемой статье в ФТТ.

тельность, нанометровое пространственное и миллисекундное (а иногда и микросекундное) временные разрешение позволяют исследовать ход элементарных событий пластической деформации — зарождение и движение скоплений точечных дефектов, границ зёрен, отдельных дислокационных петель. Современные методы дают возможность изучать механические свойства даже биоматериалов — тканей, живых клеток и макромолекул. Особое внимание авторы уделяют зависимостям параметров от размеров объектов и атомным механизмам деформации.

Головин Ю. И. Наноиндентирование и механические свойства материалов в субмикро- и наношкале. Недавние результаты и достижения. ФТТ, 2021, вып. 1, с. 3. Головин Ю. И., Головин Д. Ю. Механические и теплофизические свойства материалов в микро- и наношкале через призму стрейнтроники. Известия РАН. Серия физическая, 2021, № 7, с. 927.

Подготовил Леонид АШКИНАЗИ.

ГДЕ ВЗЯТЬ ВОДОРОД?

Кирилл ДЕГТЯРЁВ,

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.

Водород давно и довольно широко используется в химической и пищевой промышленности, в нефтепереработке. Но как об энергоресурсе о водороде заговорили сравнительно недавно. Первые экспериментальные проекты использования этого газа в качестве топлива для транспорта появились в начале текущего века. На протяжении двух десятилетий «водородный тренд» постепенно набирал силу. В широкое употребление вошло понятие «водородная экономика». Планы её развития, заявленные в ряде стран, включая Россию, подразумевают многократное увеличение производства и потребления водорода в энергетических целях — в качестве топлива, для производства электрической и тепловой энергии.

Предполагается, что водород наряду с возобновляемыми источниками энергии вытеснит «традиционные» углеводородные энергоснабжающие. Водород активно позиционируют в качестве экологически безопасного «углеродно-нейтрального» источника энергии, а планируемый рост его производства и использования — как движение по пути декарбонизации мировой экономики и снижения потребления ресурсов. Под декарбонизацией понимается прекращение выбросов углерода и его соединений, прежде всего углекислого газа CO_2 , антропогенную эмиссию которого рассматривают в качестве одной из ключевых причин глобального потепления. Но с возможностью перевода энергетики на водород не так всё просто.

ЛЁГКИЙ, ГОРЮЧИЙ И ОЧЕНЬ ТЕПЛОТВОРНЫЙ

Наверное, каждому из школьного курса химии известно, что водород — первый химический элемент таблицы Менделеева. Есть ряд изотопов водорода, но основной из них — протий (^1H), на который приходится примерно 99,99% атомов водорода на Земле и во Вселенной. Ядро протия состоит всего из одного протона. Как следствие, это самый лёгкий химический элемент. Для сравнения, при нормальном атмосферном давлении 1 м³ воздуха имеет массу около 1,2 кг, 1 м³

природного газа (метана CH_4) — 700 г, а 1 м³ газообразного водорода (химическая формула H_2) — всего 90 г. То есть водород почти в 8 раз легче природного газа и в 13 раз легче воздуха.

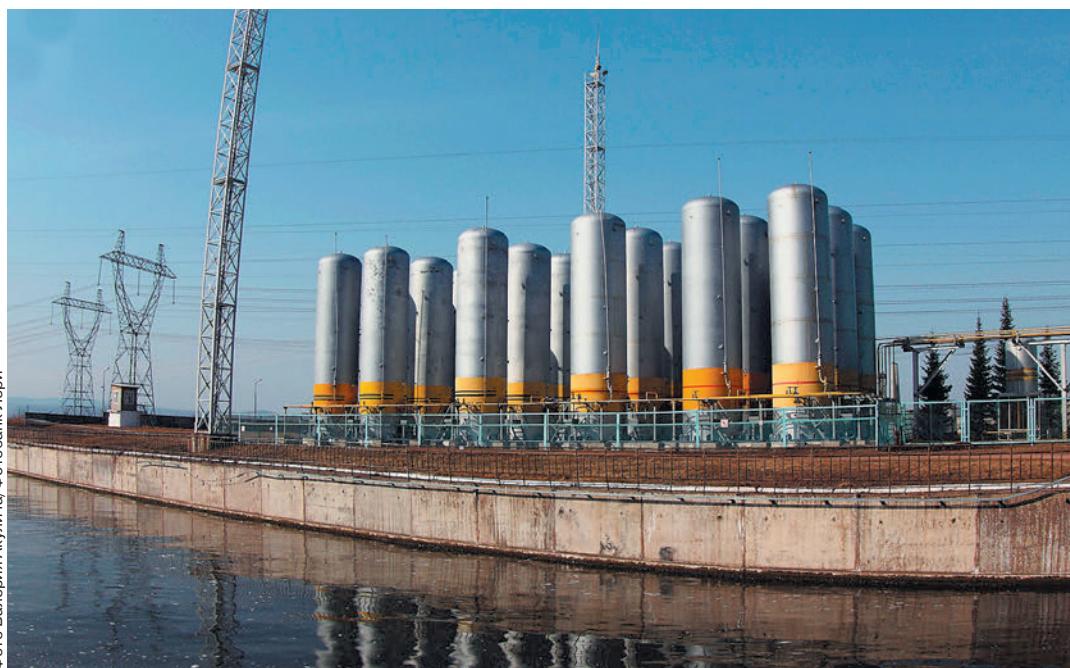
Водород бесцветен, не имеет запаха, при этом он химически активен, горюч и взрывоопасен. Но его горение действительно не даёт выбросов загрязнителей атмосферы. Реакция горения водорода идёт с образованием воды, с выделением большого количества энергии Е (тепла): $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{E}$. То есть это тепло — экологически чистая энергия.

Водород — самый распространённый элемент во Вселенной, на него приходится почти 89% общего числа её атомов и около 75% её массы, поскольку этот газ — основное вещество звёзд и топливо для их «работы». Отметим, что остальные 11% атомов Вселенной приходятся на гелий — собственно, продукт «горения» звёзд, и только 0,1% — на все остальные химические элементы.

Однако в обитаемом и доступном нам мире водорода на порядки меньше. Например, в земной коре его содержание оценивается всего в 1% по массе и около 17% — по общему количеству атомов. В земной атмосфере водород также выглядит исчезающе малой величиной — $5 \cdot 10^{-5}$ (0,00005%) общего объёма атмосферы и $3,5 \cdot 10^{-6}$ (0,0000035%) её массы. При этом свободного водорода на Земле мы почти не видим. Слишком лёгкий элемент в атмосфере плохо удерживается земным притяжением, но охотно вступает в химические реакции, образуя разные соединения, в которых он в основном и присутствует в географической оболочке.

Самое распространённое соединение водорода — вода, а самый большой на Земле резервуар этого газа — Мировой океан, на который приходится 96% воды на планете. Объём и масса вод Мирового океана — огромные величины: более 1,3 млрд км³ и, соответственно, $1,3 \cdot 10^{18}$ т. На водород в массе воды приходится 11%, то есть, в океанической воде его содержится примерно $1,4 \cdot 10^{17}$ т, и ещё приблизительно $5,6 \cdot 10^{15}$ т — в

Фото Валерия Акулича/Фотобанк Лори



остальных водах Земли. Это в совокупности очень немного относительно массы земной коры, составляющей $2,8 \cdot 10^{19}$ т, — примерно полпроцента.

Оценим это количество водорода в энергетических единицах, сопоставляя с потребностями человечества. Теплотворная способность данного газа — 3,6 кВт·ч/м³, или 40 кВт·ч/кг и 40 МВт·ч/т. Это примерно в три раза выше, чем у природного газа. Иными словами, только в пресных водах Земли (это всего 4% от всей земной воды) содержится $2,24 \cdot 10^{17}$ МВт·ч, или $2,24 \cdot 10^{11}$ ТВт·ч потенциальной водородной энергии. Для сравнения, вся энергия, потребляемая человечеством в течение года, менее $2 \cdot 10^5$ ТВт·ч¹ — в миллион раз меньше. И нужно «всего» 5 млрд тонн водорода в год, чтобы обеспечить энергией всё человечество на текущем уровне. При этом в пресной воде Земли его больше в 1 млн раз, а в океанической — в 25 млн раз.

Огромное по сравнению с нуждами мирового энергопотребления количество водорода в виде его соединений содержится в запасах угля, нефти и газа, собственно, и называемых углеводородным сырьём. Дать точную цифру мировых ресурсов ископаемых

Электролизная станция с ресиверами хранения водорода. Березовская ГРЭС. Красноярский край (2014 год).

углеводородов невозможно, но на данный момент только разведанные запасы в совокупности превышают 1 трлн тонн, и водорода в них не менее 100 млрд тонн, при этом на Земле разведано далеко не всё и ресурсная база постоянно пополняется.

Иными словами, теоретически, если мы начнём использовать водород в качестве топлива для выработки тепловой и электрической энергии, извлекая его только из воды, нам хватит его как энергоносителя на десятки миллионов лет, то есть навсегда.

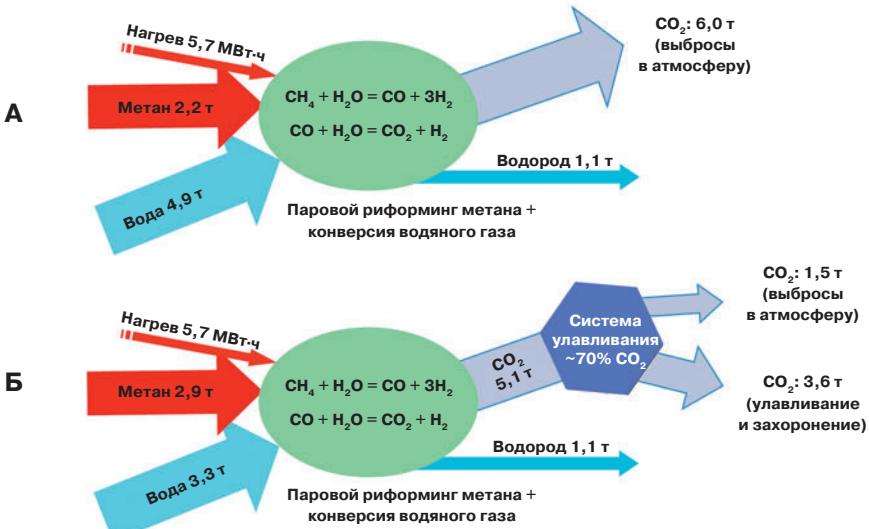
ЖЕЛАННЫЙ, НО ТАКОЙ ДОРОГОЙ

Почему же до сих пор водород не стал энергоносителем номер один?

Два главных способа получения этого газа в настоящее время — конверсия углеводородного сырья и электролиз воды. Но извлечение водорода из его соединений означает разрыв химических связей между водородом и кислородом в случае воды или между углеродом, кислородом и водородом в случае углеводородов. И оба процесса сопряжены с очень большими затратами энергии, с до-

¹ По данным International Energy Agency.

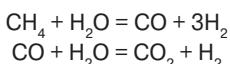
ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА



В результате риформинга получается синтез-газ (другое название — водяной газ) — газовая смесь, основные компоненты которой CO и H_2 . Выход водорода увеличивается в результате конверсии CO при взаимодействии с водяным паром (так называемая реакция водяного газа). Но при этом образуется углекислый газ. Возможна модификация процесса, включающая частичное улавливание и захоронение двуокиси углерода. Если процесс идёт без улавливания двуокиси углерода (A), стоимость получения 1,1 т водорода составляет 590 долл. США (в ценах 2019 года). В процессе с частичным улавливанием и захоронением двуокиси углерода (B) стоимость получения 1,1 т водорода — 1091 долл. США. Такой процесс нельзя считать ни дешёвым, ни экологически чистым.

рогостоящим оборудованием и, заметим, с загрязнением окружающей среды.

В настоящее время в мире производится около 75 млн т водорода в год, и пока его производство растёт невысокими темпами — менее 2% в год. При этом из углеводородного сырья добывается более 90% всего производимого водорода, в том числе 70% — с помощью конверсии природного газа, самого доступного способа. В основе процесса — подвод к природному газу тепла (нагрев печи до 600—1000°C) и водяного пара в присутствии металлического катализатора — кобальта, никеля, железа. Это самый дешёвый, но экологически грязный способ, оставляющий большой углеродный след, то есть выбросы CO_2 в атмосферу. Он описывается химическими реакциями:



На выходе, как можно видеть, — большое количество углекислого газа. Кроме того, при

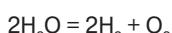
расчёте стоимости процесса надо учитывать не только затраты собственно на работу печи, но и на добычу и транспортировку газа. И если рассматривать водород как топливо, то дешевле и экологически чище просто добывать и сжигать природный газ.

Есть и другие способы углеводородной конверсии — например, газификация и пиролиз угля и даже получение водорода из биомассы, но углеродный след и высокие затраты присущи всем этим решениям.

Если слегка коснуться цифр, то стоимость производства водорода методами углеводородной конверсии оценивается от \$2 за 1 кг. Один лишь расход метана на производство 1 кг водорода составляет 5 м³, а при угольной конверсии производство 1 кг водорода потребует более 6 кг угля. Цена, очевидно, высока, при этом использование водорода как энергоносителя с КПД, равным 100%, невозможно, и количество полученной энергии в данном случае надо делить примерно на два—три. Добавим ещё затраты на создание и поддержание

инфраструктуры для транспортировки и хранения водорода и получим исключительно дорогое топливо, производство которого далеко не безупречно с экологической точки зрения.

Остаётся единственный экологически чистый способ получения водорода — извлечение его из воды, которой на Земле намного больше, чем углеводородного сырья, и она, очевидно, доступнее. Самый распространённый способ получения водорода из воды — электролиз, то есть разложение воды под действием электрического тока:



Побочный продукт электролиза — только кислород, однако этот процесс исключительно энергоёмкий. Для получения 1 кг водорода (напоминаем, теплотворная способность такого количества газа при 100%-ном КПД составит около 40 кВт·ч) нужно затратить 40—50 кВт·ч электроэнергии. Таким образом, расход энергии оказывается больше (а с учётом реальной эффективности использования конечного продукта — минимум вдвое больше), чем энергия, полученная на выходе. Что касается денежного эквивалента, то затраты на производство водорода путём электролиза оцениваются в \$3—7 за 1 кг, что существенно выше, чем при конверсии углеводородов. И электролизом воды получают лишь 2% производимого водорода.

Другая проблема — собственно, источник электроэнергии для ведения электролиза. Пока около 63% всей производимой в мире

электроэнергии вырабатывается на угольных и газовых теплоэлектростанциях. Причём это соотношение не изменилось за последние 30—40 лет. Да, доля таких возобновляемых источников энергии, как ветер и солнце, ощутимо растёт, но происходит это в большей степени за счёт снижения доли атомной и гидроэнергии, а не ТЭС. Поэтому на данный момент использование водорода в качестве топлива, полученного посредством электролиза воды, не приводит к снижению выбросов углерода в атмосферу, просто эти выбросы идут не с электролизных установок, а с электростанций, поставляющих им энергию.

По-настоящему «зелёным» водородом можно считать только тот, производство которого не связано с выбросами углерода, то есть если для его получения используется электроэнергия от возобновляемых источников: гидростанций, ветровых, солнечных, приливных, геотермальных станций. Однако и этот водород остаётся дорогим.

Но, несмотря на комплекс проблем — экономических, энергетических, экологических, — в последние годы в мире активно заговорили об использовании водорода в качестве транспортного топлива, источника тепловой и электроэнергии. Сейчас примерно половина производимого водорода идёт на получение аммиака, расходуемого большей частью для производства азотных удобрений. Кроме того, водород используется для получения метанола, в нефтепереработке, пищевой и косметической промышленности. И всего доли процента этого газа идут на энергетическое обеспечение. →

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ЭЛЕКТРОЛИЗОМ ВОДЫ



Процесс не сопровождается образованием парниковых газов — то есть это экологически чистый процесс, но пока он остаётся весьма энергоёмким и очень дорогим. По данным Управления энергетической информации США (USEIA) 2019 года, производство примерно 1 т водорода обходится в 1,497 долл. США.

СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОРОДНОЙ УТОПИИ?

В 2017—2020 годах ряд стран приняли масштабные водородные программы (которые, правда, пока носят декларативный характер), предполагающие многократный рост потребления водорода с перспективами его использования в энергетических целях и, соответственно, с кардинальным увеличением его доли в энергобалансе.

В частности, Евросоюз в 2019 году опубликовал дорожную карту развития водородной экономики (Hydrogen Roadmap Europe). Согласно изложенному в ней сценарию, общее потребление водорода в качестве энергоносителя в странах ЕС должно к 2050 году вырасти почти в 8 раз с нынешних примерно 300 ТВт·ч (это 2% в общей структуре потребления энергии) до 2250 ТВт·ч, или 24%.

В Японии аналогичная дорожная карта (Strategic Roadmap for Hydrogen and Fuel Cells) предполагает рост объёмов использования водорода к 2050 году до 10 млн т в год.

Всего в мире заявлено уже более 200 водородных проектов на всех континентах, большей частью в Западной Европе и Восточной Азии.

По самым смелым прогнозам (вероятно, ориентирующимся на европейскую дорожную карту развития водородной экономики), к 2050 году в мире на водород придётся 24% всей потребляемой энергии — это около 40 000 ТВт·ч, что потребует производства до 2 млрд т этого газа в год — примерно в 20 раз больше, чем в настоящее время.

В России в августе 2021 года также была принята Концепция развития водородной энергетики, предполагающая создание трёхчетырёх водородных кластеров, или центров производства и использования водорода: Северо-Западного, Восточного, Арктического и, возможно, Южного. При этом три из них — Северо-Западный, Восточный и Южный — ориентированы главным образом на внешние рынки. Предполагается увеличение экспорта водорода до 0,2 млн т к 2024 году и до 2 млн т — к 2035 году. Из конкретных проектов пока можно назвать только создание Сахалинского водородного кластера.

По данным, приведённым в Концепции, текущий ежегодный мировой спрос на водород составляет 116 млн т, в том числе на чистый водород — 74 млн т и 42 млн т — на водород в смеси с другими газами в качестве сырья

или топлива для производства тепловой и электрической энергии.

У России есть конкурентные преимущества: наличие энергетического потенциала в сочетании с большим объёмом недозагруженных мощностей; большой опыт производства водорода и развитая научно-техническая база; выгодное географическое положение — близость территорий с высоким энергетическим потенциалом (в том числе — возобновляемых источников энергии) к западноевропейскому и восточноазиатскому рынкам сбыта. Тем не менее принятая Концепция выглядит как реакция на мировой водородный тренд и стремление встроиться в него главным образом в качестве экспортёра — по аналогии с экспортом других энергоносителей, которые мы в настоящее время поставляем на мировой рынок. Действительно, обнародованные Западной Европой и Японией грандиозные водородные планы потребуют импорта водорода, поскольку собственных мощностей для его производства в заявленных объёмах у них просто не хватит. Чтобы убедиться в этом, можно обратиться к некоторым цифрам.

По данным Международного энергетического агентства и других организаций, ведущих энергетическую статистику, годовой объём производства электроэнергии сейчас в странах ЕС — менее 4000 ТВт·ч, из которых на возобновляемые источники, включая гидроэнергию, в 2019 году приходилось около 1500 ТВт·ч, или 38%. При этом, как сказано выше, к 2050 году, согласно амбициозным планам ЕС, водород должен давать более 2000 ТВт·ч энергии. То есть, если даже все электростанции ЕС, работающие на возобновляемых источниках, будут задействованы исключительно для производства водорода, их мощностей не хватит для реализации подобных планов. Аналогичная ситуация в Японии. Производство заявленных 10 млн т водорода в год потребует более 400 ТВт·ч электроэнергии. Но сейчас в Японии вы-

Водород долгое время хранили в сжатом либо жидком виде. Жидкий водород требует специального «криогенного» хранения (то есть в теплоизолированных контейнерах) и особого обращения из-за опасности взрыва. На фото огромный сосуд с жидким водородом в экспериментальной вакуумной камере в Исследовательском центре Льюиса (теперь Исследовательский центр Джона Гленна — John Glenn Research Center, NASA), 1967 год.

работывается всего чуть более 1000 ТВт·ч, из них 200 ТВт·ч, или около 20%, на основе возобновляемых источников, включая ГЭС. Что касается газа и угля, то достаточных запасов у Европы и Японии тоже нет. Кроме того, как использование ископаемого горючего для производства водорода согласуется с курсом на декарбонизацию? Выходит, странам с большими водородными планами надо многократно наращивать мощности электростанций, работающих на возобновляемых источниках (что вряд ли возможно в

случае Западной Европы или Японии), или импортировать водород. Второй вариант уже задействован в Японии. С 2019 года осуществляется проект поставок туда сжиженного водорода танкерами из Австралии. Но этот водород производится в Австралии из бурого угля. Вопрос тот же: а как же декарбонизация и борьба с глобальным потеплением?

Получается, что строительство водородной экономики возможно благодаря странам с богатыми углеводородными ресурсами и с менее жёстким подходом к экологии.

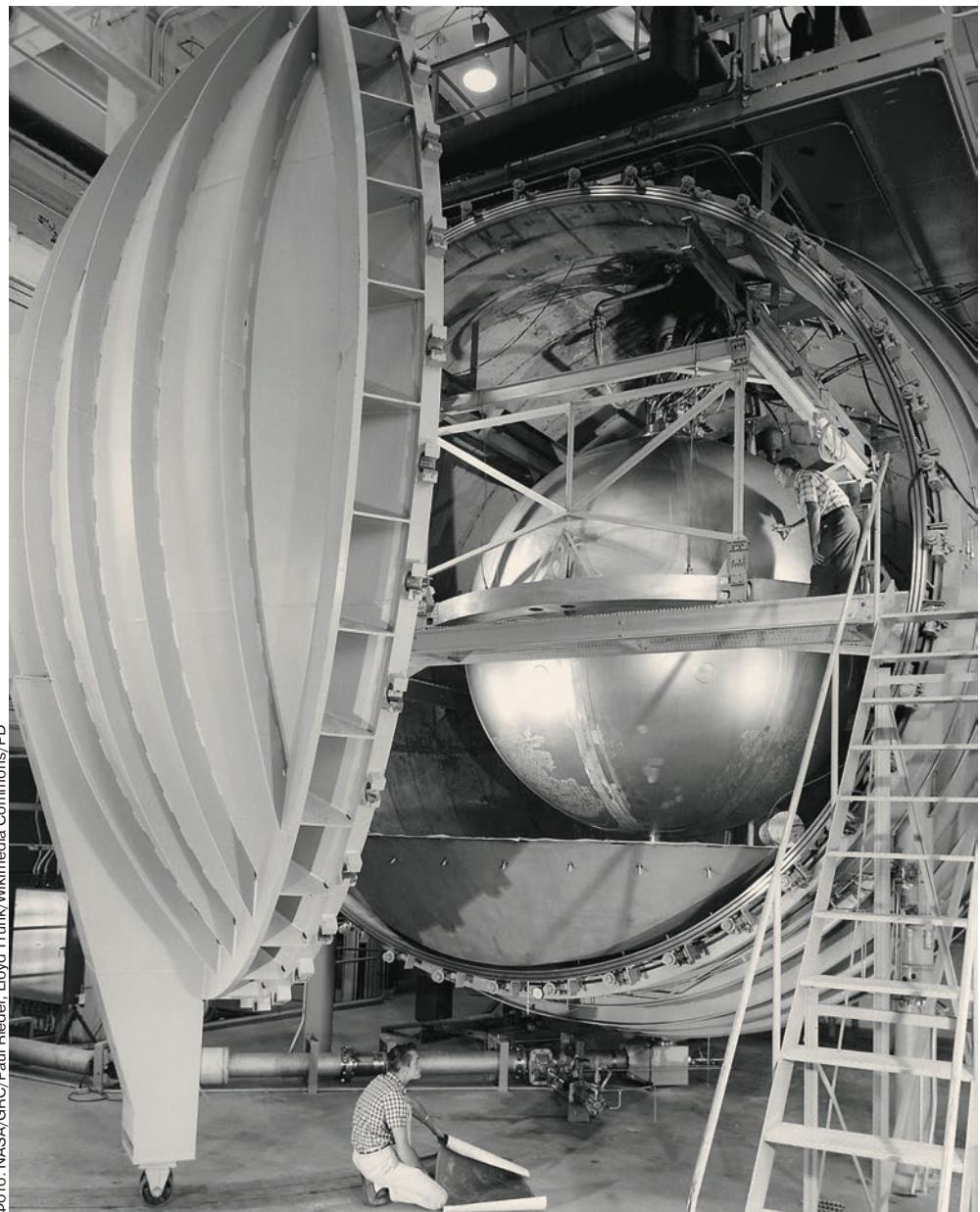


Фото: NASA/GRC/Paul Riedel, Lloyd Trunk/Wikimedia Commons/PD

Но в таком случае нет смысла говорить о сокращении эмиссии углерода и нельзя рассматривать переход на водородное топливо как путь к декарбонизации: в лучшем случае декарбонизация в одних точках земного шара будет следствием «карбонизации» на других территориях.

В России возможности для налаживания производства и экспорта водорода связаны не только с угольными и газовыми ресурсами, но и с развитой гидро- и атомной энергетикой, а также растущими мощностями солнечной и ветровой энергетики. В отдалённой перспективе возможна выработка водорода и на приливных электростанциях.

Добавим, что обсуждается целесообразность строительства трёх мощных приливных электростанций — Мезенской на Белом море, Тугурской и Пенжинской в заливах Охотского моря. Речь идёт об активизации работы над проектами приливных станций, начатой ещё в советское время. Сейчас они рассматриваются в контексте дешёвой и экологически чистой выработки водорода и аммиака и их экспорта в Западную Европу и Восточную Азию.

В то же время хотелось бы, чтобы увеличение производства водорода у нас было ориентировано в большей степени на собственное технологическое и экономическое развитие, нежели чем на появление новой статьи экспорта энергоресурсов.

В мире, как мы видим, в отношении строительства водородной экономики, тем более под флагом декарбонизации и вообще заботы об экологии, есть ряд нерешённых вопросов и противоречий, связанных и с технологиями, и со стоимостью производства водорода. По-видимому, в связи с этим в последние несколько лет заговорили об аммиаке как потенциальной замене водорода в качестве топлива. Анонсировано несколько проектов масштабного производства аммиака, например, в Саудовской Аравии и Австралии. В качестве топлива аммиак действительно имеет ряд преимуществ по сравнению с водородом. Прежде всего, этот газ «компактнее»: плотность газообразного аммиака при нормальных температуре и давлении — $0,78 \text{ кг}/\text{м}^3$, что почти в девять раз выше, чем у водорода. Также аммиак проще хранить и в жидком виде: температура кипения аммиака 33°C , тогда как у водорода -252°C . Аммиак может выступать и в качестве самостоятельного топлива, и как своего рода

аккумулятор, хранилище водорода. Однако получение аммиака сложнее, дороже и связано с ещё большими экологическими издержками, чем производство водорода, — хотя бы потому, что для его производства сначала надо извлечь водород, а уже потом — соединить его с азотом.

Таким образом, ожидания быстрого перехода на водородное топливо выглядят явно завышенными. В то же время у водорода действительно есть энергетические перспективы. Прежде всего, он интересен как аккумулятор энергии, поэтому водородная энергетика может помочь развитию энергетики, основанной на возобновляемых источниках. Их главная (хорошо известная) проблема — нестабильность, с чем уже сталкиваются страны, где возобновляемые источники энергии заняли достаточно большую долю в энергобалансе. При этом аккумуляция энергии в пиковые периоды с тем, чтобы расходовать её во время энергетического дефицита, — задача пока не решённая, тем более на длительных временных интервалах, на уровне сезонов. Например, в высоких широтах, даже на широте Москвы, поступление солнечной энергии летом не уступает таковому в тропических и экваториальных широтах, да и у Полярного круга в середине лета солнечной энергии почти столько же, сколько в тропиках. Но зимой её в десятки раз меньше в средней полосе, тем более — в полярных зонах, где она практически отсутствует и солнечные батареи бездействуют. Очевидно, что в данном случае для эффективной работы солнечной энергетики необходимы системы её аккумуляции. Примерно то же можно сказать и о гидроэнергии, и о ветровой энергии — сила их энергетических потоков меняется на порядки в зависимости от сезона. Преобразование энергии в водород путём электролиза в период, когда её «некуда девать» и она, условно говоря, бесплатна, и последующее использование запасённого водорода в период недостаточного поступления энергии из возобновляемых источников выглядит эффективным и экологически чистым решением проблемы.

Системы аккумуляции водорода могут быть различными. Помимо упомянутого выше аммиака очень удобный, недорогой и компактный способ хранения — в форме гидридов. Подобными разработками активно занимается, в частности, Лаборатория водородных

энергетических технологий Объединённого института высоких температур РАН.

Другой перспективный вид использования водорода — топливные водородные элементы для транспорта. Они обладают высоким КПД, существенно превосходящим КПД двигателей внутреннего сгорания, а их стоимость с развитием технологий снижается, хотя пока автомобили на водороде остаются слишком дорогими для потребителей. Кроме того, может возникнуть конкуренция между водородным и электротранспортом. Уже сейчас проводятся сравнения целесообразности того и другого с технологической, экономической и экологической позиций.

В ПОИСКАХ СВОБОДНОГО ВОДОРОДА

Выше мы говорили о том, что главная проблема становления водородной экономики — почти полное отсутствие в зоне нашей досягаемости свободного водорода. Но так ли это на самом деле?

Чтобы ответить на этот вопрос, начнём с фундаментального и, на первый взгляд, лишённого явной практической значимости вопроса о составе земного ядра. Согласно хрестоматийной схеме, оно железное, но достаточно давно высказывались предположения, в том числе В. И. Вернадским и другими исследователями ещё прошлых веков, о росте количества водорода с глубиной и, как следствие, возможностях выходов свободного водорода на земную поверхность. Предполагается, что наиболее активные выходы водорода — в рифтовых зонах. Также существует концепция гидридного, то есть состоящего из соединений водорода с металлами, ядра Земли, которую обосновал советский геолог Владимир Николаевич Ларин ещё в 1970-е годы. Он провёл сравнительный анализ распространённости разных химических элементов на Солнце — в его фотосфере, во внешних геосферах Земли, на Луне и метеоритах. Согласно господствующему представлению, распределение элементов в Солнечной системе от центра к периферии определяется их массами: под действием солнечного ветра лёгкие элементы «выдуваются» на периферию, а тяжёлые остаются в центре. Однако анализ, проведённый Ларином, показал, что это распределение зависит не от массы, а от потенциала ионизации элемента (элемент тем дальше

Потенциал ионизации элемента, или энергия его ионизации — минимальная энергия, которую необходимо затратить для отрыва электрона от атома.

Рифтовые зоны — протяжённые полосы (длиной в сотни и тысячи километров) тектонических зон, в которых происходит подъём мантийного материала. Этот подъём сопровождается распространением в стороны, что вызывает поперечное растяжение в верхних этажах земной коры. Рифтовые зоны пролегают через континенты и океаны.

Фотосфера Солнца — нижний слой его атмосферы, в котором формируется непрерывный спектр излучения Солнца в видимом диапазоне. Отметим, что у звёзд под атмосферой понимается не газовая оболочка, а её внешние слои.

находится от Солнца, чем этот потенциал выше), и, исходя из этого, водорода в Земле должно быть существенно больше, чем принято считать. При этом гидриды в процессе сепарации вещества Земли оказались в её центральных областях. Далее Ларин предположил, что в результате радиоактивного распада химических элементов в глубинах Земли и, возможно, под влиянием других факторов происходит высвобождение водорода из гидридов, выход его на земную поверхность — и далее в атмосферу и за её пределы.

Эту концепцию В. Н. Ларин изложил в своей докторской диссертации² на тему «Земля: состав, строение и развитие (альтернативная глобальная концепция)», которая в 1993 году была опубликована под названием «Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-rich Planet»³ («Гидридная Земля: новая геология нашей первоначально богатой водородом планеты»). А в более популярной форме идеи Ларина изложены в его книге «Наша Земля»⁴.

Если концепция Ларина подтвердится, дело останется за малым — найти места выхода свободного водорода на земную поверхность.

² Ларин В. Н. Земля: состав, строение и развитие (альтернативная глобальная концепция): дисс. доктора геол.-минер. наук, 1991.

³ Edited by C. Warren Hunt //Polar Publishing, Canada. 1993, 242 p.

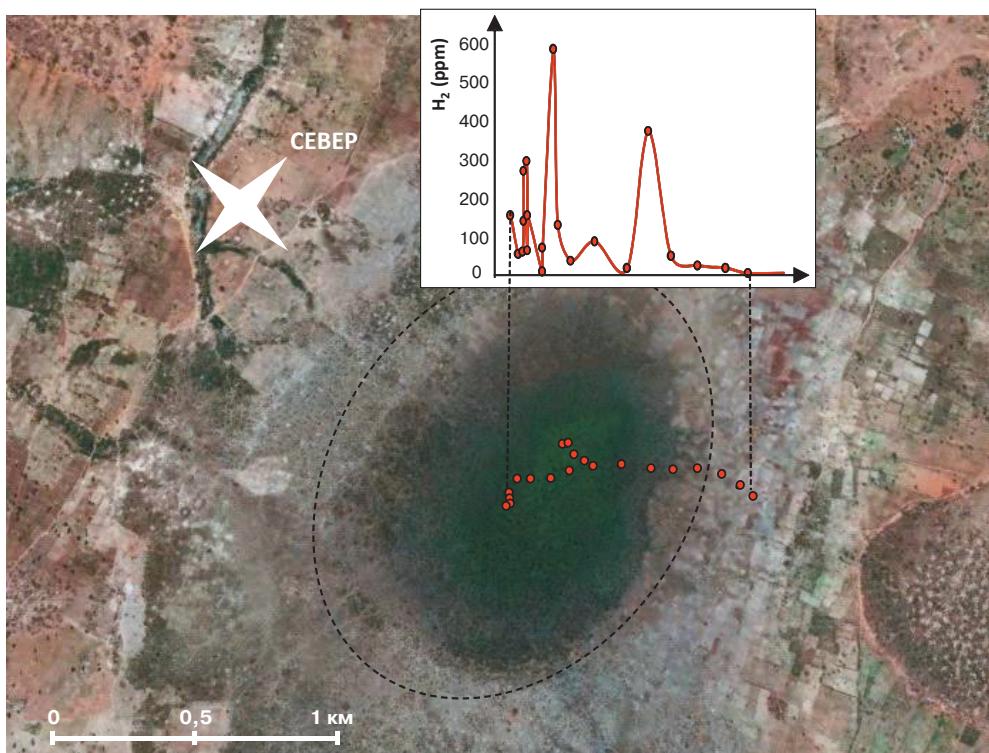
⁴ Ларин В. Н. Наша земля. — М.: Арап, 2005. — 244 с.

И такие выходы нашли, в ряде случаев — с высокой концентрацией водорода — во многих точках земного шара, привязанные к определённым геологическим структурам, в том числе на территории России, также в Омане, Австралии, США и других странах.

В целом в мире опубликовано порядка сотен сообщений исследователей из разных стран о нахождении выходов водорода. В большинстве случаев выходы были обнаружены случайно, как, например, в 1987 году в Мали у села Буракебугу⁵.

Большой вклад в исследование водородной дегазации Земли вносит также российский геолог, доктор геолого-минералогических наук Владимир Леонидович Сывороткин. Результаты своих исследований он изложил в

докторской диссертации, в книге «Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы»⁶ и в других, более поздних публикациях. Выходы водорода Сывороткин связывает прежде всего с рифтовыми зонами. Согласно его исследованиям, рифтовые зоны также совпадают с зонами отрицательных озоновых аномалий в стратосфере. Отметим, что, когда рассматриваются возможные экологические побочные эффекты водородной экономики, упоминается опасность утечек водорода из систем производства и транспортировки, в том числе, риск попадания водорода в стратосферу и разрушения озонаового слоя. Согласно же исследованиям Сывороткина, периодическое разрушение озонаового слоя носит природный характер — через водо-



Канадская компания по бурению газовых скважин в 2017—2018 годах в поисках углеводородов пробурила несколько скважин неподалёку от селения Буракебугу (Мали). Перед бурением специалисты компании провели геохимический мониторинг почвы в различных точках исследуемого участка. Результаты оказались неожиданными: примерно на глубине 1 м была обнаружена высокая концентрация водорода. В ходе дальнейших работ компания выявила пять крупных пластов залежей водорода. Каждый резервуар был покрыт слоем долерита — магматической горной породы, аналога базальта. Общая площадь пластов запасов водорода оценили в 780 км². На снимке показана впадина с повышенным содержанием в почве водорода, расположенная к востоку от участка, где проводила работу канадская компания, и профиль концентрации водорода в разных точках впадины.

Иллюстрация из статьи: Prinzhöfer A., Tahara Cissé C. S., Diallo A. B. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali) // International Journal of Hydrogen Energy, V. 43, Is. 42, 2018, pp. 19315—19326.



родную дегазацию. Владимир Леонидович, среди прочего, обращает внимание на феномен серебристых облаков — дело в том, что механизмы доставки воды на высоты, где они образуются (выше 70 км), до сих пор непонятны, а водородная дегазация и далее химическая реакция водорода с кислородом на этих высотах может дать адекватное объяснение данному явлению.

Есть предположение, что водородная дегазация свидетельствует о постоянном воспроизведстве месторождений углеводородов. Газ и нефть слагают два основных элемента — углерод и водород. И если углерода в земной коре очевидно много, то вопрос, откуда, собственно, взялся водород для формирования этих месторождений, в геологии остаётся открытым. Между тем,

Мезосферные, или серебристые, облака возникают на высотах 70—95 км. На таких высотах концентрация паров воды слишком низка для образования облаков, однако теоретически вода могла бы образовываться при взаимодействии водорода с кислородом. На снимке: серебристые облака в небе над Якутией, июль 2021 года.

есть свидетельства вторичного пополнения уже исчерпанных нефтяных месторождений. Этот эффект известен и описан, в частности, для месторождений Поволжья (Алексеевское, Малышевское, Ромашкинское), Северного Кавказа, ряда месторождений в США. И если концепция водородной дегазации Земли верна, она даёт объяснение и этому феномену.

Хотя вопрос о составе глубинных слоёв Земли остаётся дискуссионным и делать однозначные выводы о возможностях добычи в промышленных масштабах свободного водорода, исходящего из глубин Земли, пока рано, имеющиеся данные обнадёживают, так что поиск свободного водорода, выходящего на земную поверхность, может иметь перспективы.

⁵ Prinzhof A., Tahara Cissé C. S., Diallo A. B. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali) // International Journal of Hydrogen Energy, V. 43, Is. 42, 2018, pp. 19315—19326.

⁶ Сыроваткин В. А. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. — М.: Геоинформцентр, 2002 (ЗАО Астра семь). — 250 с.



● Самый большой в мире астрономический музей открылся в июле 2021 года в Шанхае (Китай). Проект выполнен американскими архитекторами. Общая площадь этажей — 39 000 м². В здании, кроме музея, имеются лекторий и планетарий.

● Бразильское дерево жаботикаба интересно тем, что его плоды растут прямо на стволе. По вкусу они похожи на мускатный виноград, диаметр «ви-



Фото: ArchExist

ноградин» — до четырёх сантиметров. Цвет кожицы тёмно-бордовый, а мякоть белая. Дерево плодоносит 5–6 раз в год и высоко ценится у местных жителей. Ягоды жаботикабы могут храниться не более четырёх дней, после чего в мякоти начинается брожение, и их пускают на вино.

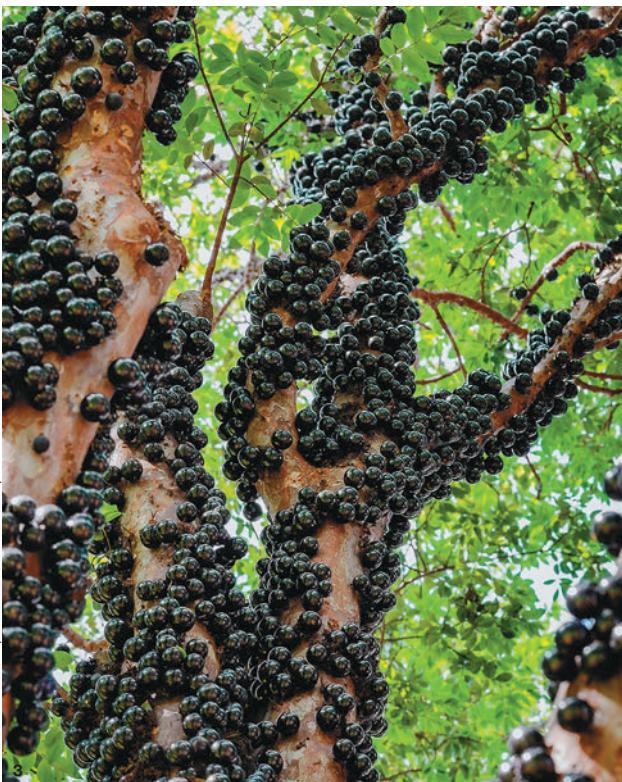


Фото: Bruno.karklis/Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0

Так что в другие страны их завозить невозможно.

● Из списка съестных припасов, взятых для Наполеона и его окружения при походе в Россию: 3500 бутылок вина и крепких напитков, 155 кг швейцарского сыра грюйер, 36 кг шоколада, 227 кг сала, 50 кг горчицы и 250 кг маракон, любимой пищи Наполеона.

● Необычным языком жестов пользуются продавцы и покупатели верблюдов в Сомали. Чтобы каждый конкретный случай покупки не повлиял на других участников рынка и не мог возникнуть спор между продавцами, договаривающиеся стороны сближают свои головы, накрывают их большим бедуинским платком (куфией) и торгаются жестами, показывая партнёру предлагаемые цены на пальцах. Пока не условятся, платок не снимают. Правда, теперь эта практика отмирает: сотовые телефоны удобнее, и секрет сохраняется не хуже.

● В Калифорнии нашли многоножку с наибольшим количеством ног: до 750.

Притом этот вид живёт только в одном дубовом лесу площадью 4,5 км². Самые крупные экземпляры не превышают в длину 33 мм.

● В конце XIX века один богатый португалец решил завести у себя на ферме коз и купил стадо в Швейцарии. Учитывая, что козы по происхождению — горные животные, он приказал построить для них башню с винтовой наклонной плоскостью, на которой его питомцы могли бы удовлетворять свои альпинистские запросы. Идея вошла в моду, и «кошачьи башни» имеются сейчас в имениях фермеров разных стран, а также в некоторых зоопарках. Козы действительно охотно пользуются этим развлечением, тем более что наверху их ожидают охапки сена и другие лакомства. На снимке: образец такого тренажёра из ЮАР.

● Единственный в своём роде синий гриб *Entoloma hochstetteri* встречается в лесах Новой Зеландии и Австралии. Он настоль-

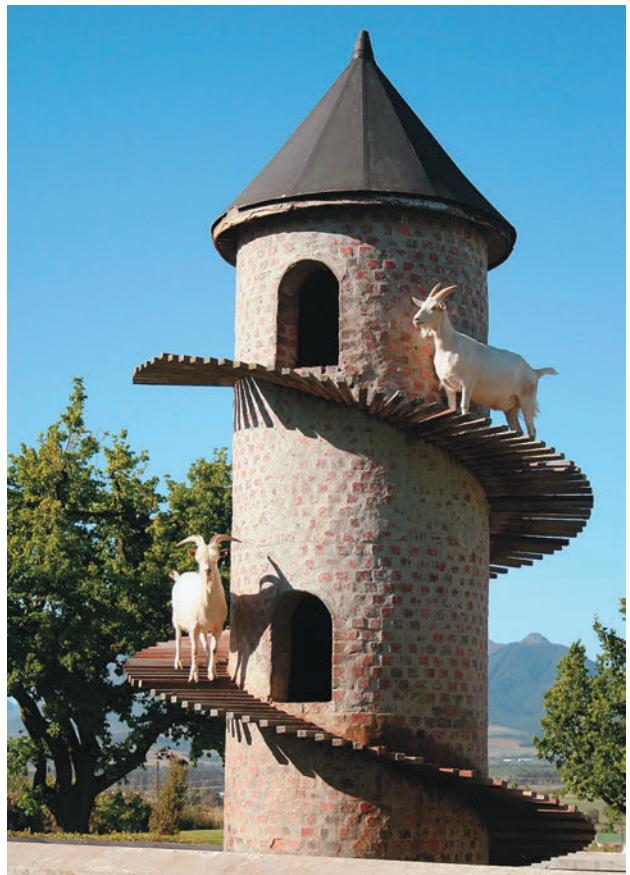


Фото: Tax181/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

ко знаменит своей уникальной окраской, что удостоился присутствия на новозеландских марках и на 50-долларовой купюре. Но съедобен ли он, никто не решается проверить — уж очень необычный цвет, тем более родственные виды известны ядовитостью.

● Оперение самца ранее неизвестного вида райских птиц, недавно найденного

в Новой Гвинее, настолько чёрно, что поглощает 99,95% падающего на него света. Это лишь немногим меньше, чем у недавно созданного светопоглощающего материала из нанотрубок, стоящих дыбом (99,96%). Своим чёрным веером самец старается произвести впечатление на самок при брачном танце. Грудка птицы имеет ярко-голубую окраску.



Фото: Cornell Lab of Ornithology/YouTube (2)

Фото: Mary Smiley/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

*Пара мегантереонов
(Megatherium adroveri)
на отдыхе.*

Рисунок Сергея Крускопа



Худ.
2021

САБЛЕЗУБЫЕ ТИГРЫ. НАХОДКИ В КРЫМУ

Кандидат биологических наук Александр ЛАВРОВ,
Палеонтологический институт им. А. А. Борисяка РАН,
кандидат биологических наук Дмитрий ГИМРАНОВ,
Институт экологии растений и животных УрО РАН,
академик Алексей ЛОПАТИН, Палеонтологический
институт им. А. А. Борисяка РАН.

В 2018 году в Крыму при прокладке автомобильной трассы Керчь — Севастополь «Таврида» в районе посёлка Зуя, примерно в 15 км к востоку от Симферополя, была открыта большая карстовая пещера. Экскаваторщик, случайно пробивший ковшом свод пещеры, с удивлением заглянул в бездонную зияющую пропасть (на самом деле всего 18 м) и, привязав верёвку к стреле крана, отважно спустился вниз с фонарём. Его взору предстало что-то вроде «затерянного мира» Конан Дойла с красной рыхлой глиной на дне, в которую любознательный рабочий провалился по колено. Из глины торчали многочисленные чёрные кости, а воздух был сухим и жарким, что необычно для пещер — в них, как правило, холодно, влажно и даже промозгло.

Вызванные из Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского спелео-

логи Геннадий Самохин и Дмитрий Старцев обнаружили множество костей ископаемых позвоночных. Палеонтологический институт РАН и Институт экологии растений и животных УрО РАН срочно направили своих специалистов, то есть нас — Александра Лаврова и Дмитрия Гимранова. При помощи команды спелеологов из Симферополя мы в том же 2018 году собрали здесь (в точке, названной «Логовом гиен») остатки различных млекопитающих и птиц, которые обитали в промежутке от 1,5 до 1,8 млн лет назад. Этот геологический интервал называется ранним плейстоценом. Тогда начался великий климатический перелом и жаркий климат Земли сменился условиями ледникового периода. Фауна этого времени называется в России псекупской, а в Западной Европе — поздневиллафранкской. Тогда на Земле жили ныне вымершие гигантские ископаемые виды животных: от слонов и

носорогов до верблюдов, гиен и страусов. И, кроме того, на планете обитали свирепые хищники — саблезубые тигры.

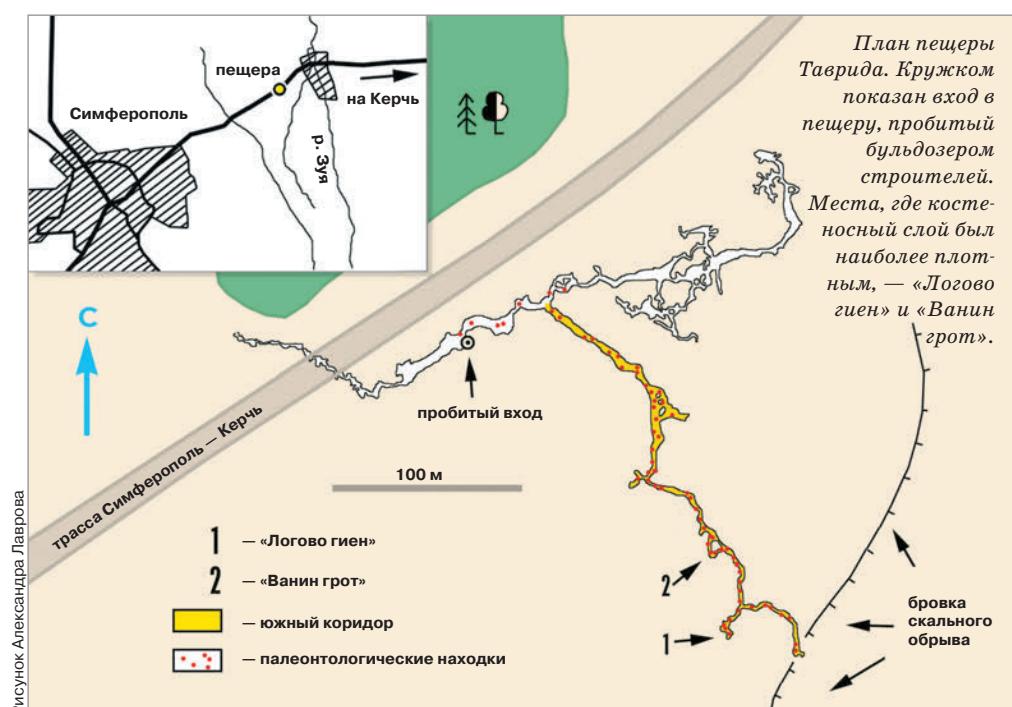
ДРЕВНЕЕ ОБИТАЛИЩЕ ХИЩНЫХ ЗВЕРЕЙ

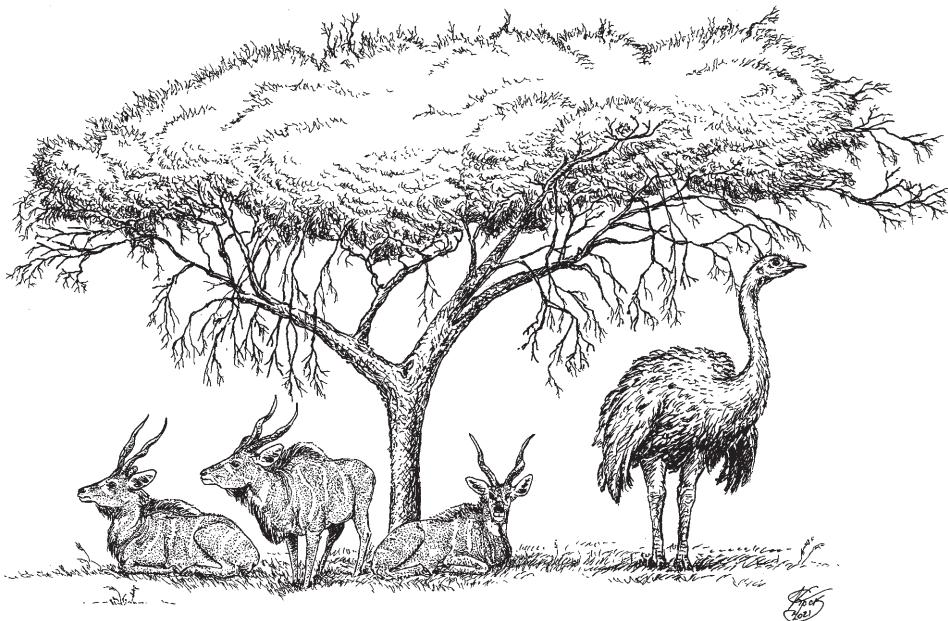
Пещера, которую по наименованию трассы и древнего названия полуострова называли Тавридой, представляет собой крупнейшее из небольшого числа местонахождений фауны раннего плейстоцена на территории России. Она находится на Внутренней гряде Крымских гор, в междуречье рек Бештерек и Фундуклы и заложена в палеогеновых известняках (известняки откладывались здесь на мелководье очень тёплого моря 40 млн лет назад). Галереи пещеры частично заполнены рыхлыми отложениями, песками и глинами, которые сформировались лишь за счёт конденсата водяного пара на её стенах: последние 2 млн лет свободно текущей воды в Тавриде не было (но она была здесь намного раньше — в период формирования пещеры). Костеносный слой пещеры представлен красно-бурыми рыхлыми суглинками. Весь накопившийся грунт попал сюда через многочисленные поры и пустоты, просачиваясь с дождевыми во-

дами через многометровую толщу известняков, которые служили своеобразным фильтром. В промежутке от 2 до 1,5 млн лет назад пещера соединялась с дневной поверхностью через горизонтальный проход, так называемый южный коридор. Он имел размеры, достаточные для того, чтобы в него могли беспрепятственно зайти хищные звери. Проход и сам коридор составляют около 3—4 м в ширину и до 3 м в высоту. Местами коридор расширяется, но завален огромными глыбами известняка.

В раннем плейстоцене пещеру в разное время заселяли различные хищники. Среди них были гигантские гиены пахирокуты (*Pachycrocuta brevirostris*) — здесь удалось найти костные остатки более чем от двух десятков особей гиен, небольшие древние этрусские волки, овернские шакалы, мелкая лисичка — лисица песчаная (*Vulpes alopecoides*), этрусские медведи (*Ursus etruscus*), похожие на современных бурых. Ещё в пещере находила убежище и устраивала логово древняя исуарская рысь (*Lynx issiodorensis*). Она была похожа на современную европейскую рысь, обитающую в наших лесах, и имела близкий с ней размер.

→



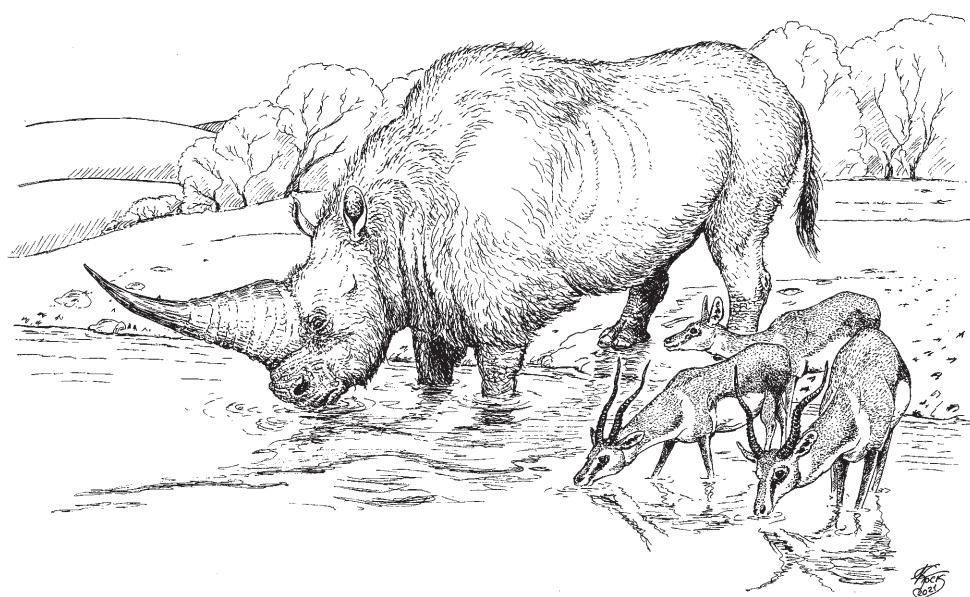


*В крымской саванне 1,5 млн лет назад. В тени дерева от полуденного зноя укрылись антилопы понтоцеросы (*Pontoceros ambiguus*) и гигантский страус пахиструттио (*Pachystruthio dmanensis*).*

САМЫЕ БОЛЬШИЕ СЛОНЫ И САМЫЕ ЗУБАСТЫЕ ГИЕНЫ

В то время в Европе, в том числе на территории Крыма, обитали одни из самых больших слонов в мире — южные слоны (*Archidiskodon meridionalis*), высотой до 4 м и весом до 10—11 т, гигантские носороги эласмотерии (весом до 4—5 тонн), носороги стефанорины (похожие обликом и размером на современного чёрного носорога), большегорий олень арверноцерос, винторогие антилопы среднего размера понтоцерос и газеллоспира, ископаемые лошади Стенона, гигантские верблюды, два вида ископаемых быков: лептобос и древний бизон. И, конечно, особого внимания заслуживает обитавший здесь гигантский страус пахиструттио (*Pachystruthio dmanensis*), который был размером практически с легендарную нелетающую птицу моа (*Dinornis robustus*) из Новой Зеландии. Вычисленная на основе измерения отдельных огромных костей высота пахиструттио была 3,5 м, а вес доходил до 450 кг. В пещере были найдены и кости дрофы, ястреба, тетерева и других птиц. Климат в это время был теплее нынешнего — как в Иордании и Сирии. Здесь существовал ландшафт саванноподобных растительных

сообществ с полосами лесов вдоль рек и степями на плоских водоразделах вдали от речных долин. Об этом свидетельствуют кости животных, обнаруженных в пещере: обитателей лесов (быка лептобоса, оленя арверноцероса, ястреба) и открытых пространств (носорога, верблюда, лошади, гигантского страуса, дрофы). Большинство найденных костей были раздроблены. Кто мог это сделать? Медведи и кошки не грызут кости своих жертв — их зубы недостаточно мощные для этого. А гиены кости грызут, причём всякие, в том числе очень толстые. Доисторические гиены пахикрокуты разгрызали толстостенные прочные кости конечностей бизонов и верблюдов. Специально созданные для этого зубы этих животных массивны, и их зубная эмаль имеет особо прочное строение: под микроскопом видно, что микропризмы эмали расположены у гиен ёлочкой — напоминают паркетную кладку. Почти все кости в пещере повреждены именно зубами гиен, которые добывали из костей ценный пищевой ресурс — жирный, высококалорийный костный мозг. А после этого кости объедали разнообразные грызуны, возмущая недостаток кальция для растущего скелета. Главными пожирателями уже пустых и сухих костей были два вида



Реконструкция представителей фауны раннего плейстоцена Крыма: носорог эласмотерий (*Elasmotherium sp.*) и антилопы газеллоспирсы (*Gazellospira torticornis*) на водопое у берега древнего русла речки Фундуклы (примерно в 2 км от входа в пещеру).

дикобразов. Об этом говорят огромные выемки на костях — глубокие и широкие многочисленные желобки, похожие на те, что остаются от действия полукруглой стамески столяра. Один из дикобразов был размером с современного малайского дикобраза, а второй достигал около метра в длину и весил около 30 кг.

САБЛЕЗУБЫЕ ТИГРЫ ТАВРИДЫ

А ёщё здесь жили два вида саблезубых тигров. Так традиционно называют крупных представителей группы махайродонтин (вымершее подсемейство семейства кошачьих). Их находка в Крыму — большая удача. Саблезубых тигров никогда ранее здесь не находили. Их остатки ранее были обнаружены в Приазовье, Закавказье, Таджикистане и Забайкалье. Эти хищники

характеризуются переразвитыми верхними клыками, длина которых у отдельных видов (североамериканского саблезубого тигра смилодона) доходила до 16—17 см.

В пещере Таврида обитал гомотерий — крупный саблезубый тигр, близкий по размеру льву. Его вес доходил до 200 кг, высота в холке до 120 см. Он обладал очень мощными плечевым поясом и шеей. Длина его клыков не превышала 10 см, они были плоскими и широкими. Их особенность — наличие крупной режущей пилки (серрейтора) с обеих сторон верхнего клыка, то есть клык был подобием кинжала. Нижний клык у всех саблезубых кошек был маленький — чуть больше резцов.



Портрет саблезубого тигра гомотерия (*Homotherium crenatidens*). В отличие от мегантеронов, у гомотерии клык был всего около 8—10 см в длину. При закрытой пасти он располагался в специальной складке кожи (кармане) на нижней челюсти, сверху был прикрыт носогубной складкой (брылью) и не был виден со стороны.



Рисунок Александра Лаврова



*Правая ветвь нижней челюсти мегантереона (*Megatherium adroveri*), найденная в южном коридоре пещеры Таврида. Обращает на себя внимание маленький нижний клык: по размеру он чуть больше резцов.*

Другой саблезубый тигр, периодически обитавший в пещере, — мегантереон. Он был более приземистый, тоже имел мощные передние лапы и шею, что характерно для всех саблезубых. По вычислениям разных специалистов (существуют эмпирические формулы для таких расчётов), вес тела взрослого мегантереона составлял около 100 кг. Его верхний клык был длиннее, чем у гомотерия, но более узким. Режущая пилка имела мелкую насечку и

была только на задней поверхности грани клыка.

В ходе раскопок в Тавриде были найдены крупные фрагменты челюстей обоих видов саблезубых тигров, верхний клык гомотерия, отдельные кости скелета. Кроме того, был найден полный набор костей передней лапы мегантереона от лопатки до когтей.

Во время охоты саблезубые тигры наносили жертве секущие неглубокие, но большие и многочисленные раны, которые приводили к серьёзной кровопотере и болевому шоку у их жертв. Наносить жертве серию молниеносных секущих ударов верхними клыками в направлении сверху вниз саблезубые кошки могли благодаря своим анатомическим особенностям. Для манипулирования головой с огромными клыками им была дана удлинённая и очень мощная шея. А для надёжного удержания жертвы служили мощные передние лапы, вооружённые острыми втяжными когтями. После нанесения секущих ударов можно было отпустить вырывающуюся жертву — смертельно раненная, она не могла далеко убежать. А остатки добычи саблезубые тигры, как и другие хищники (гиены, рыси, волки, шакалы, лисицы), утаскивали в пещеру. Так из остатков трапез хищников в значительной мере сформировался её костеносный слой. Такой комплекс ископаемых остатков называется зоогенным.

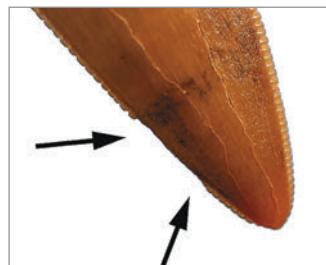
Жертвами гомотериев и мегантереонов в раннем плейстоцене Крыма могли быть крупные антилопы понтокеросы (*Pontoceros*), лошадь Стенона (*Equus stenonis*), олень арверноцерос (*Arvernoceros*). Кроме того, добычей саблезубых могли быть детёныши носорогов, слонов, бизонов. В пещере накопилось очень много костей разнообразных копытных и птиц.

Но что мы ещё знаем о гомотерии и мегантереоне?

Саблезубый гомотерий обитал в Европе более 2 млн лет назад. Считается, что гомотерии, как и мегантереоны, сформировались в Африке и оттуда расселились по всему Северному полушарию, включая Европу и Северную Америку. Наиболее распространённый в Евразии вид — гомотерий



*Левый верхний клык гомотерия (*Homotherium crenatidens*), найденный в пещере в сезон раскопок 2021 года. Его рабочая длина всего 69 мм.*



Кончик клыка гомотерия. Передний и задний режущие гребни зуба снабжены крупной пилкой-серрейтором. Стрелками показан участок передней части гребня, где пилка стёрлась от работы.

кренатиденс (*Homotherium crenatidens*), в Северной Америке — гомотерий иширус (*H. ischyrus*). Последние представители гомотериев вымерли в Европе, и в Северной Америке 10 тыс. лет назад — одновременно с мамонтами. Гомотерий среднего размера был примерно 180 см в длину. Сложением он немного напоминал рысь — короткое тело на высоких ногах. Но в отличие от рыси, как уже написано выше, он имел очень мощные шею, передние лапы и большую тяжёлую голову. Клыки у него были относительно небольшие и прятались под верхней губой.

Мегантактерон в переводе с древнегреческого означает «большой резец» («долото»). Мегантактероны, так же, как и гомотерии, имели огромный ареал распространения, охватывавший Африку, Евразию и Северную Америку. Но их находки сравнительно редки. В Северной Америке *Megantereon* обитал в интервале от 4 млн до 0,5 млн лет назад. В Евразии и Африке он появился во время среднего плиоцена — фауна гротов Этуэр во Франции датируется в 3,5 млн лет. В Старом свете *Megantereon*, очевидно, вымер в конце среднего плейстоцена, как и в Америке. Последние мегантактероны — это *Megantereon inexpectatus* из знаменитой находками синантропа пещеры Чжоукоудянь (Choukoutien) под Пекином. Возраст этих находок 0,4—0,5 млн лет.

Мегантактерон был приземистым хищником длиной 150—170 см. На основании фрагментарных экземпляров и изолированных зубов было описано 15 видов этих животных: *M. cultridens*, *M. eurynodon*, *M. falconeri*, *M. gracilis*, *M. hesperus*, *M. inexpectatus*, *M. lantianensis*, *M. megantereon*, *M. microta*, *M. nihewanensis*, *M. whitei*, *M. adroveri*, *M. ekidoit*, *M. sivalensis*, *M. vakshensis*. Однако сравнительный анализ нижних и верхних щёчных зубов показал, что видов было шесть или семь.

Размеры добычи мегантактерона были каку современного ягуара или леопарда, то есть сопоставимы с размерами коровы, лошади, большого оленя. Сложение мегантактерона было похожим на ягуара, но с ещё более толстыми передними лапами и мощной шеей. Он мог быстро бегать, но, вероятно, плохо лазил по деревьям. Эта саблезубая кошка была ловким, подвижным хищником, охотившимся на разнообразных копытных и крупных птиц (возможно, включая гигантского страуса пахиструтио). Заметим, что

пума, с намного более лёгким скелетом и сложением тела, одолевает оленя весом до 450 кг. Да и обычная европейская рысь управляетя с взрослым благородным оленем весом 250 кг.

ОШИБКА ЖОРЖА КЮВЬЕ

История изучения саблезубых тигров тесно связана с именем французского биолога Жоржа Кювье, одного из основоположников сравнительной анатомии и палеонтологии. Он впервые исследовал ископаемые организмы с позиций анатомической науки. При этом он не разделял исследования ископаемых и современных животных, считая всё это зоологией. Но он был первоходцем, а первоходцам труднее других, и они не застрахованы от ошибок. Так случилось с первыми научно описанными находками саблезубых тигров. Обломки клыков мегантактерона и гомотерия Жорж Кювье описал как клыки ископаемых медведей!

Обломок клыка мегантактерона был назван в 1824 году Жоржем Кювье *Ursus cultridens*. К этому же виду Кювье причислил и другой обломок клыка, который принадлежал гомотерию.

В исследовании ископаемых костей из пещеры Перье на юге Франции, выполненном в 1828 году, два французских биолога, Жан-Батист Круазе и Антуан Жобер, основываясь на фрагменте нижней челюсти, описали новый вид ископаемой кошки — *Felis megantereon*. Почти одновременно, в том же году, французский учёный Огюст Бравар опубликовал свои выводы, что клыки и нижняя челюсть, отнесённые к *Ursus cultridens* и *Felis megantereon*, принадлежат одному виду большой кошки. А медведи здесь ни при чём. Впоследствии, в ходе ряда переписаний старого и накопления нового ископаемого материала, две разновидности ископаемых «медведей» превратились в два рода ископаемых саблезубых кошек: гомотерий кренатиденс (*Homotherium crenatidens*) и мегантактерон культриденс (*Megantereon cultridens*). Именно Бравар в 1828 году назвал все находки, имеющие плоские длинные клыки без зазубрин, мегантактероном, а все находки с крупными зазубренными клыками — *Felis cultridens* (будущий род гомотерий). Но названия рода и вида *Homotherium crenatidens* появились только в 1890 году в работе итальянского учёного Э. Фабрини. →

ТАКТИКА ОХОТЫ САБЛЕЗУБЫХ

В дискуссиях о том, как саблезубые тигры пользовались своими клыками при охоте на своих жертв, было сломано множество копий. Вокруг этого вопроса среди учёных кипят нешуточные страсти с 1910 года, когда американский палеонтолог Уолтер Мэтью опубликовал свою работу о хищных млекопитающих этого периода. Основная полемика ведётся вокруг вопросов, был ли саблезубый тигр свою добычу верхними клыками, как кинжалами, или кусал её, и был ли он свою добычу с закрытой пастью или открыв её. Другой вопрос дискуссии: как мёртвую добычу можно разрезать на куски такими огромными клычищами (они же должны мешать...)?

Применить клыки для убийства жертвы саблезубые тигры могли, только открыв пасть максимально широко (на 90—100°). Так что теоретически воспользоваться одной третью длины клыка для убийства с закрытой пастью мог бы только американский смилодон — его клыки предельно длинные, а костный подбородочный выступ на нижней челюсти отсутствует. Однако этот способ использования клыков весьма маловероятен.

Большая часть специалистов делит саблезубых кошек на ятаганозубых — махайродонтов («махайра» — древнегреческое длинноклинковое холодное оружие, более поздним близким аналогом которого стал турецкий ятаган, и английский аналог этого названия — *dagger-toothed*) и кинжалозубых (*dirk-toothed*; *dirk* — англ. «кинжал»).

Также саблезубых тигров можно разделить на тех, у кого клыки были скрыты (не видны стороннему наблюдателю), и хищников, у которых они были видны по бокам пасти. Дело в том, что неспроста многие саблезубые имеют крупный подбородочный вырост на нижней челюсти — как раз на том месте, где находится крупный верхний клык при закрытой пасти. У современного дымчатого леопарда из Юго-Восточной Азии клыки очень длинные для такого небольшого животного. Сам он длиной всего 100—120 см и весит около 20 кг. Но клыки у него 8 см длиной — немного крупнее клыков амурского тигра. Эти круглые, как у всех современных хищников, клыки прячутся, как в ножны, в специальный кармашек на боковой поверхности нижней челюсти при закрытой пасти. Такой же кармашек на

нижней челюсти для верхних клыков имело и большинство саблезубых тигров, но у смилодона и мегантереона их огромные клыки торчали из пасти, как клыки моржа.

Так как же пользовались своими клыками саблезубые хищники? Что думают об этом современные биологи? Последние рассуждения на этот предмет так же, как и 100 лет назад, выглядят не очень убедительно.

Испанские палеонтологи Маурицио Антон, Анжел Галобарт и ряд других считают, что при охоте саблезубый тигр должен был повалить жертву, прижать её к земле, а потом перерезать клыками горло или глубоко укусить в шею, чтобы вызвать сильную кровопотерю и шок или удушье. Всё это представляется маловероятным, так как удержать для нанесения точного разреза дико бьющуюся, обезумевшую от ужаса лошадь не способна даже стая мегантреонов. Для этого стоит посмотреть видеосъёмки, как с трудом справляются с зеброй или буйволом полдюжины львов, кусая жертву куда попало.

Специалистами активно обсуждалась гипотеза колющего удара (в основном реконструкции охотниччьего поведения проводились в отношении смилодона). Основателем гипотезы стал в 1901 году американский палеонтолог Уолтер Мэтью. Его позиция сразу подверглась критике со стороны известных учёных Макса Вебера из Германии и Отенио Абеля из Австрии, которые считали, что смилодон пользовался клыком при закрытой пасти — той его частью, что выступала ниже нижнего края челюсти.

Также существовала гипотеза о нанесении жертве рассекающих ударов клыками в направлении сверху вниз.

В 1985 году американский палеонтолог Уильям Акерстен выдвинул оригинальную гипотезу режущего укуса клыками. Согласно ей, смилодон вонзал клыки в жертву, широко раскрыв пасть, но не имел возможности закрыть её. Его пасть была заполнена плотью ещё живой жертвы, а силы мышц не хватало, чтобы захлопнуть набитый потенциальной пищей рот. Тогда, в отличие от современных больших кошек, смилодон пускал в ход мощную шею, которая имела более подвижное соединение с затылком. Придерживая добычу нижней челюстью (и лапами), смилодон опускал голову вниз, и клыки, совершая движение по дуге, про-

О РАБОТЕ В ПЕЩЕРЕ

В 2018—2020 годах палеонтологи спускались в пещеру Таврида по верёвке на глубину более 15 м. Путешествие до костеносного слоя — где ползком, где согнувшись — в первый год составляло более 200 м. Работать в пещере было тяжело: концентрация углекислого газа составляла 4%. В этой атмосфере любое усилие вызывало одышку, люди быстро выбивались из сил. В 2020 году был пробурён вертикальный вход, и нелёгкое путешествие по вертикальному колодцу до залежей костей сократилось до 8 м, а по горизонтали до 50—100 м. Стало легче дышать и не так далеко таскать мешки с грунтом на промывку. Дело в том, что много информации об обстановке и времени формирования костеносной толщи получают, изучая кости и зубы мелких грызунов и землероек. Их можно найти и проанализировать, если промыть через ряд сит сотни килограммов грунта из костеносного слоя. Грунт собирали в мешки и вынимали на дневную поверхность для промывки. Палеонтологам помогала группа спелеологов Геннадия Самохина и студенты Симферопольского университета, за что всем им наша огромная благодарность.

В небольшой камере (примерно 12 × 4 м) под названием «Логово гиен» были проведены полномасштабные раскопки с разбиением

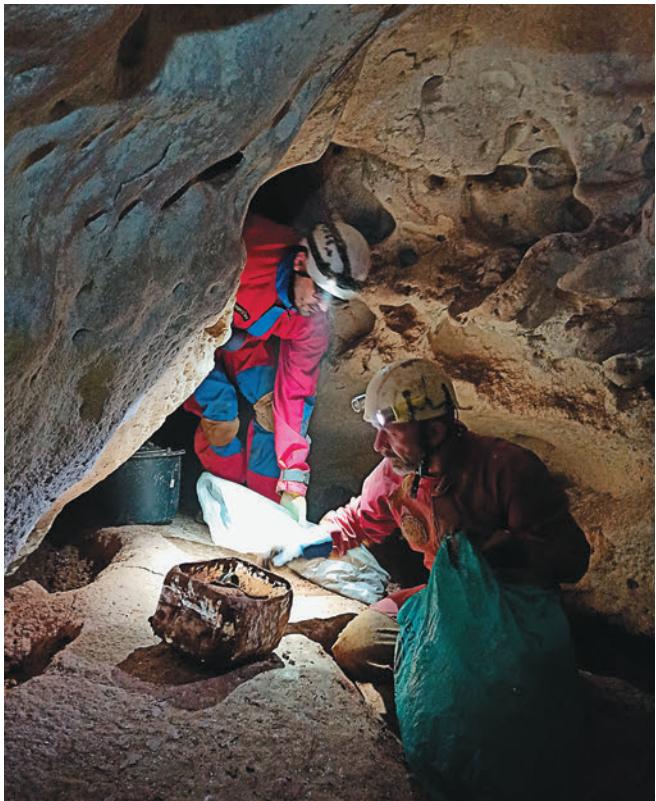


Фото Александра Ларрова

2018 год. В южном коридоре пещеры Таврида идёт поиск костей и отбор проб грунта. Справа — спелеолог Геннадий Самохин, старший преподаватель Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского; слева — палеонтолог Дмитрий Гимранов, старший научный сотрудник Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН.

площади пола на участки в 1 м² при помощи колышек, верёвок и компаса. В первый период работ туда можно было попасть, долго ползя на животе и не поднимая головы — потолок находился в 30 см над полом.

Здесь удалось найти кости всех представителей фауны хищных млекопитающих того времени (среди которых были кости их детёнышей) и их жертв — от зайца до слона, а также зубы хомяков, мышей, полёвок, сусликов, ежей и землероек. Эти сборы также очень помогли нашим исследованиям.

Сезон полевых работ 2021 года оказался тоже непростым. Часть коридора была под самый потолок завалена плотной глиной с огромными глыбами очень прочного известняка (глыбы были размером от тумбочки до шкафа). Эту глину можно было пробить только киркой, а разбить глыбы — только отбойным молотком. Поэтому работа палеонтологов стала очень похожей на работу шахтёров. Чтобы добраться до древних костей, с утра до вечера приходилось дробить камни и наполнять тачки обломками пустой породы.

резали в теле жертвы огромные раны. Эта гипотеза многим палеонтологам пришлась по душе. Считается, что гомотерий действовал клыками так же.

В настоящее время можно с уверенностью говорить, что саблезубые тигры, убивая добычу, очень широко открывали пасть, как полагал ещё 120 лет назад У. Мэтью. А каким образом они действовали своими клыками, сказать трудно. Для того чтобы разгадать эту тайну, нужна серия экспериментов. Возможно, наиболее правдоподобна гипотеза о нанесении жертве расекающих ударов клыками в направлении сверху вниз.

Для расчленения уже мёртвой добычи саблезубые тигры пускали в ход клыки, челюсти, мощную шею и передние лапы. Они сжимали челюсти и расчленяли добычу клыками, как ножами (примерно так, как предложил Акерстен). При этом они упирались в добычу лапами и включали в действие мощные мышцы спины и шеи — тянули голову вверх и назад. А клыки, снабжённые режущей пилкой-серрейтором, разрезали мышцы и связки жертвы.

Фауна пещеры Таврида имеет ряд общих форм с фауной местонахождения Дмани-

си (1,88—1,77 млн лет назад) в Грузии, в котором найдены ископаемые остатки и свидетельства деятельности древних людей — человека прямоходящего раннего типа (*Homo erectus georgicus*). Здесь были найдены пять черепов древних людей, что стало настоящей научной сенсацией. Человек прямоходящий в то время заселил большую часть Африки и часть Передней Азии, достиг Юго-Восточной Европы и вместе с другими животными начал распространение на новые территории. В окрестностях пещер Дманиси и в Крыму обитали одни и те же звери, те же два вида саблезубых тигров, гиены, южные слоны, лошади, бизоны, винторогие антилопы и гигантский страус. Это подтверждает, что фауны костеносных слоёв Грузии и Крыма практически синхронны.

Поэтому закономерен вопрос: а будут ли находки древнейших людей в пещере Таврида? Пока можно ответить следующим образом. Вероятно, в то время в Крыму уже появились первые древние люди. Но постоянно обитать в районе пещеры они, скорее всего, не могли, так как им нужно было избегать живших здесь страшных хищников — саблезубых тигров.

ЧТО ВИДИМ? НЕЧТО СТРАННОЕ!

● ДОСУГИ ЛЮБИТЕЛЕЙ НАУКИ



В коллекции загадочных предметов, собранных постоянными авторами данной рубрики, имеются картонные пластинки размерами примерно 2 × 2 см. К пластинке приделаны две металлические полоски, между ними отверстие, и в некоторых случаях в нём видна тонкая проволочка. Объект явно имеет отношение к электричеству,

потому что на картоне выдавлены на одном образце цифры 127, а на другом 220. Правда, нынче в наших розетках не 220, а 230, но большинство помнит старую цифру. Не исключено, что кто-то из читателей застал даже 110. Так что же это за пластинки?

(Ответ на с. 108.)



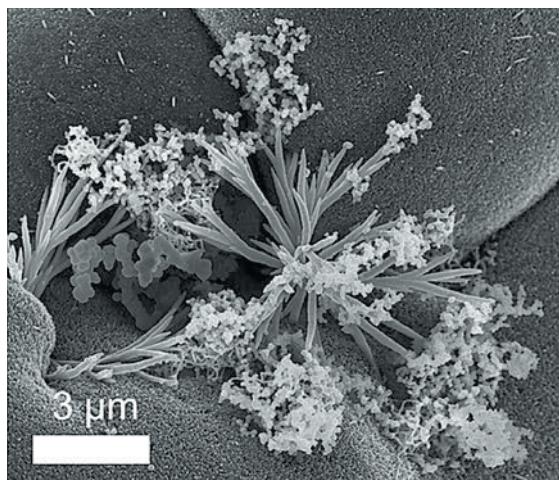
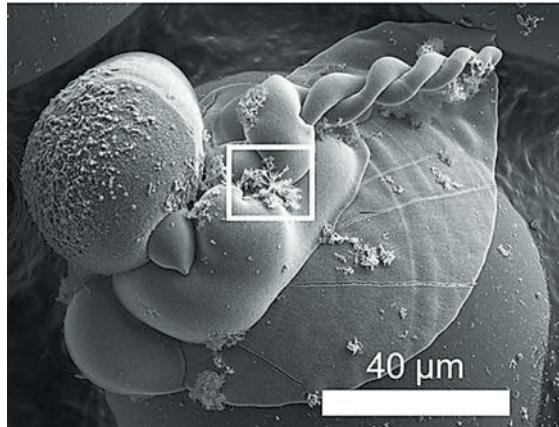
МАРС, ДРЕВНЯЯ ЖИЗНЬ И... УТКИ

Кандидат химических наук
Максим АБАЕВ.

Представьте, что прогуливаясь по парку, вы увидели в пруду что-то, внешне очень похожее на утку. Это что-то плывало, как утка, и крякало, как самая настоящая утка. Какова вероятность того, что в пруду действительно была утка? Скорее всего, довольно большая. Конечно, теоретически именно в этом пруду, именно в этот день и в этот час кто-то мог испытывать новую модель утинообразного дрона. Но вероятность такого события, скорее всего, не очень велика, и вам действительно повстречалась самая обычная утка.

Так называемый утиный тест — довольно популярный в англоязычном мире способ протестировать очевидность происходящего. Видимо, прибегнуть к помощи утки куда проще и дешевле, чем каждый раз вызывать Капитана Очевидность или рисковать порезаться бритвой Оккама. Однако тест на «кря-кря» не даст вам 100-процентной гарантии, что то, что по ряду признаков похоже на «что-то», это на самом деле это «что-то» и есть. Например, трудности могут возникнуть, когда вы отправитесь на Марс искать там следы жизни.

Сейчас у жизни на Марсе должны быть большие проблемы: на поверхности Красной планеты очень холодно, очень сухо, и вдобавок из космоса прилетает много радиации. Поэтому,



Биоморфные карбонатно-силикатные образования могут принимать различные формы: сферические, плоские, в виде спиралей или даже похожие на ветвистые деревья. На микрофотографии (нижнее фото) — увеличенный фрагмент, выделенный белой рамкой на снимке сверху. Для сравнения масштабов: толщина человеческого волоса примерно 100 мкм, длина бактерии кишечной палочки 1—3 мкм.
Иллюстрация: R. Knoll and O. Steinbock (Florida State University) via Journal of the Geological Society, 2021.

● НАУКА. ПОИСК ИСТИНЫ

если что-то живое на планете и осталось, то оно должно было уже миллиард лет назад забраться глубоко под землю. Однако если бы мы перенеслись во времени на два, а лучше на три миллиарда лет назад, то Марс предстал бы перед нами совсем в другом обличии. Как минимум, мы нашли бы на нём целый океан! И если на Земле в это время в древних морях уже во всю ревились цианобактерии, то плавал ли тогда кто-то в марсианском океане?

Получить ответ на этот вопрос сложно, даже очень-очень сложно. Нам предстоит иметь дело с окаменелостями возрастом от одного до четырёх миллиардов лет, притом разглядывать их придётся под микроскопом. Дело в том, что на Земле что-то трилобитоподобное, что может хорошо и красиво окаменеть на морском дне, появилось лишь в Кембрийском периоде, а это всего-навсего около 500 миллионов лет назад. О том, как выглядели живые организмы в более ранние периоды, например так называемая эдиакарская биота, мы практически ничего не знаем. А с учётом того, что к этому времени «сладкая жизнь» на Марсе закончилась уже почти как 500 миллионов лет назад, искать остаётся только следы примитивных одноклеточных организмов или их скоплений.

Следы эти обычно косвенные, то есть в большинстве случаев мы можем увидеть не окаменелую бактерию, а различные биомаркеры (следы жизнедеятельности живых организмов). Например, нехарактерное для минералов в данной горной породе распределение химических элементов или изотопные аномалии. Изотопы — это атомы одного химического элемента, у них одинаковое число протонов и электронов, но разное количество нейтронов в ядре, поэтому единственное, чем они отличаются, — это масса ядра. Химические свойства у них практически одинаковые, разница только в чуть-чуть отличающейся скорости химических реакций с участием разных изотопов. Биохимические процессы

в любом организме, будь то человек или цианобактерия, в основном «любят» более лёгкие изотопы — реакции с ними идут быстрее. Это приводит к тому, что изотопный состав живого организма немного отличается от изотопного состава окружающей среды.

Для наглядности можно привести такой пример. Представьте, что вы пришли в чистое поле с большой корзиной теннисных мячей, поставили её на зелёную травку и начинаете кидать мячики по одному, стараясь метнуть их как можно дальше. Но мячи в вашей корзине отличаются друг от друга массой на пару граммов. Кидая каждый конкретный мяч, вы вряд ли сможете определить, «лёгкий» он или «тяжёлый». Но если смотреть статистику дальности бросков сотни, а лучше тысячи мячей, то уже начнут прослеживаться определённые закономерности. Например, лёгкие мячи будут в среднем лететь на пару десятков сантиметров дальше тяжёлых, или наоборот (в вопросы описания траекторий летящих мячей мы сейчас погружаться не будем). Поэтому если какой-нибудь пытливый археолог, спустя много веков откопает на поле россыпь теннисных мячей, взвесит каждый и долгими зимними вечерами будет сопоставлять массу мячей с тем, как они лежали на поле, то он вполне может написать статью о том, что, скорее всего, мячи раскидал вручную какой-то странный древний человек (а, к примеру, не ураган), рассчитать точку, откуда он этим занимался, узнать, правша он или левша и т. д.

Примерно так же химики исследуют древние горные породы, изучая, какие химические элементы и как в них распределены, чтобы попытаться понять: это следы жизнедеятельности каких-нибудь древних микроорганизмов или же следствие геологических или климатических процессов, которые тоже могут оставлять свои специфические химические следы. Эти следы легко можно спутать с «живыми» следами, поэтому в научных журналах нередко



Фото: Neda Gisovic /Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0

Механизм роста классического «химического сада». Сначала в раствор, содержащий анионы кремниевой, фосфорной или некоторых других кислот, должна попасть крупинка соли какого-нибудь металла, например кобальта. Соль начинает растворяться, ионы металла реагируют с раствором и образуют вокруг крупинки полупроницаемую оболочку или мембрану. Состав раствора снаружи и внутри мембранны отличается по ряду параметров, что создаёт осмотическое давление. В результате мембрану прорывает, новая порция ионов металла реагирует с анионами раствора, образуется нерастворимый осадок и новая оболочка — замысловатый химический сад растёт, пока на это хватает химических ресурсов в пробирке.

возникают растянутые на годы дискуссии между разными группами учёных: одни обнаружили интересную химическую аномалию в древних камнях и предположили, что она имеет биологическое происхождение, другие — предложили небиологическое объяснение аномалии, третьи — выдвинули ещё одну гипотезу...

И это при том, что на Земле раздобыть любые образцы в принципе не проблема, и их можно изучить вдоль и поперёк в самых современных лабораториях. А что на Марсе? В арсенале астробиологов пока есть только пара марсоходов с весьма ограниченными возможностями по исследованию добытых образцов. Доставка марсианских камней на Землю пока только в планах, поэтому искать следы древней жизни чаще приходится по фотографиям, благо их марсоходы делают очень красивыми и подробными. Но если мы смотрим на интересную марсианскую окаменелость, похожую на следы каких-то микроорганизмов, значит ли это, что перед нами она и есть? В недавно опубликованной статье в «Журнале географического общества» (*Journal of the Geological Society*) группа исследователей показала, что «утиный тест» в

марсианской биологии — штука весьма ненадёжная.

Исследователи собрали вместе примеры химических, но не биологических, процессов, которые могут оставить в горных породах следы, крайне похожие на следы деятельности микробов. Похожие не только по форме, например, как сферические образования, нити, цепочки микросфер или микротрубки, но и своим химическим и даже изотопным составом.

Один из таких классических примеров — «химический сад», впервые описанный ещё в XVII веке. Так называют эксперимент, в котором соль металла, например хлорид кобальта, специфическим образом реагирует с раствором силиката натрия, образуя замысловатые древоподобные структуры. Силикатное дерево в прямом смысле растёт, но только за счёт неравномерного образования нерастворимых силикатов металла, а не сложных биохимических процессов. Однако окаменелые результаты биологического и небиологического роста будут весьма похожи друг на друга, и их можно легко спутать.

Ещё один пример мимикии неживой химии под «живое» — это ор-



Фото: A.P. Nutman et al. Nature 1—4 (2016)

Строматолиты — морские отложения, которые возникают из плёнок или матов микроорганизмов, например цианобактерий. Одни из самых древних строматолитов возрастом 3,5 млрд лет были найдены на западе Австралии и в Южной Африке. В 2016 году в Гренландии на месте формации Исуа группа учёных обнаружила (по крайней мере, они так посчитали) ещё более древние строматолиты возрастом 3,7 млрд лет. Правда, другие учёные с этим не согласились, и в последующие годы на страницах научных изданий стали регулярно появляться статьи то с подтверждением, то с опровержением биологического происхождения гренландских находок. На фото: разрез горной породы с похожими на строматолиты образованиями из формации Исуа.

На Земле тектоническая активность «перемешала» поверхность, стерев большую часть структур старше 3 млрд лет. На Марсе тектонического движения плит не было (или оно было крайне небольшим). Поэтому нашего ближайшего соседа по Солнечной системе можно считать своего рода резервной копией Земли, в которой хранится история ранней эволюции нашей планеты. А если там была ещё и жизнь, то были и свидетельства её зарождения и раннего развития.

Фото сделано 1 декабря 2021 года марсоходом «Персеверанс».

гидроминеральные образования или биоморфы. Внешне они напоминают различные микробы и грибы сферической или вытянутой формы и состоят из серы и органических молекул. Они могут спонтанно образовываться в водном растворе, где присутствует сероводород и есть простые органические молекулы вроде аминокислот. Сероводород окисляется до элементарной серы, которая собирается в микроскопический шарик, и тот, в свою очередь, обрастаёт «шубой» из органических молекул. Внешне он вполне сойдёт за полноценного микробы, а если не разрушится и удачно окаменеет — то подавно. Подобные образования регулярно находят в древних архейских и протерозойских породах. Яблоком раздора в научных спорах регулярно становятся и окаменевшие слоистые структуры, напоминающие строматолиты — остатки древних цианобактериальных матов. И если раньше практически любую подобную находку считали за окаменевшую жизнь, то сейчас исследователи стали намного более «привередливыми» и только на внешний вид находок уже давно не смотрят.

Авторы статьи обратили внимание и на то, что «биоподобную» химию часто можно встретить там, где есть какие-то ярко выраженные неоднородности среды. Например, гидротермальный источник, который выносит на поверхность концентрированные и горячие потоки химических веществ, тут же вступающих в серию химических реакций. Проблема в том, что уже настоящая, биологическая жизнь тоже



Фото: NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS

любит подобные места, где есть источники тепла или питательных веществ. То есть там, где наиболее вероятно образование псевдobiологических структур, велика вероятность существования и жизни. Вот только отличить одно от другого будет сложно. Здесь даже получается немногого парадоксальная ситуация — искать следы жизни проще там, где этой жизни было труднее всего и где её сложнее найти. Но если уж найдём — то больше шансов, что это именно следы жизни.

С поиском жизни на Марсе точно будет не просто. Весьма вероятно, что если не «Кьюриосити» с «Персеверансом», так «Розалинд Франклайн» или другой будущий ровер найдёт что-то похожее на следы древних марсианских организмов.

Интернет, конечно, в тот же день взорвётся от новостей с заголовками «На Марсе нашли жизнь!». Но вот будет ли это фактом или всего лишь очередным предположением — большой вопрос. Учёные, возможно, не один год будут проверять и перепроверять находку десятки раз, строя всевозможные гипотезы, как эти следы могли бы образоваться без участия жизни. И только если все они окажутся опровергнутыми, только тогда можно будет с уверенностью сказать, что на Марсе была жизнь.



СВИРИСТЕЛИ ПРИЛЕТЕЛИ!

Алексей МЯСНИКОВ.

Фото Алексея Мясникова

Бледные морозы, когда всё в природе замирает, в наши города и сёла прилетают небольшие птахи с хохолками. Заливаясь озорными трелями, они порхают по садам и паркам. Это свиристели (*Bombycilla garrulus*) — представители многочисленного отряда воробьинообразных, семейства свиристелевых. Их, казалось бы, внезапное появление в том или ином населённом пункте на самом деле всего лишь короткая остановка во время длительных перекочёвок с одного места, богатого вкусными плодами рябины и других кустарников, на другое, с не менее обильной пищей.

ПЕРВОЕ ДОКУМЕНТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

Этой тогда ещё мало изученной птичкой заинтересовался страстный любитель природы, учёный-естественноис-

пытатель, художник Пётр Иванович Борисов (1800—1854). Участник восстания декабристов 1825 года, он был сослан в Сибирь на пожизненное поселение. Как и многие декабристы, отбывавшие наказание в суровом сибирском крае, он стал изучать местную историю и этнографию, вёл наблюдения за погодой, по возможности знакомился с особенностями флоры и фауны. Борисов был одним из основателей Общества соединённых славян. В 1847—1854 годах по заказу члена Сенаторской комиссии И. Д. Булыгчова он составил атласы птиц растений и насекомых Восточной Сибири с описаниями и рисунками. Эти труды сохранились и представляют огромную ценность для науки. Примечательно, что в атлас «Орнитологическая фауна Восточной Сибири» вошли рисунок и описание свиристеля. Причём многое из жизни птицы учёный описал впервые.

Будучи талантливым художником и внимательным наблюдателем, Борисов

● ЛИЦОМ К ЛИЦУ С ПРИРОДОЙ



П. И. Борисов. Свиристель. Иллюстрация из атласа «Орнитологическая фауна Восточной Сибири» (Научная библиотека МГУ).



Н. А. Бестужев. Портрет декабриста П. И. Борисова. Акварель, 1839 год. Музей личных коллекций (ГМИИ им. А. С. Пушкина).



Титульный лист альбома по орнитологии. (Иллюстрация из книги «Акварели декабриста Петра Ивановича Борисова». — М.: Искусство, 1986.)

составил подробное описание окраски свиристеля. Вот оно: «Свиристель не наряден, но красив, особенно на лету, когда он расширяет крылья и распускает хвост... длинные перья, покрывающие верхнюю часть головы и состав-

ляющие хохолок, так же как щёки, шея и грудь, бледно-вишнёвого цвета; лоб и брови красно-коричневые, маленькие пёрышки, которыми покрыто основание верхней челюсти, клюва чёрные, бархатистые; этот цвет образует поло-

су, идущую чрез глаза и скрывающуюся под хохолком. На горле под нижнею челюстью видно продолговатое, внизу округлённое пятно одинакового цвета с глазною полосою, к щекам это пятно и глазная полоса оттенены белью оторочкою, которая отделена от щёк и шеи рыже-коричневым цветом, сливающимся с цветом этих частей... Брюхо и бока бледно-пепельные, нижние хвостовые покрывала очень длинны и доходят до жёлтой полосы хвоста, цвет их красно-коричневый, но очень густого и тёмного тона... Хвостовые перья тёмно-пепельные, с чёрною и ярко-жёлтого цвета полосами, на конце клюв чёрный, но при основании, к краям верхней и нижней челюсти, немного белесоват; волоски, закрывающие ноздри, тоже чёрные; плюсна и пальцы тёмного цвета; радужная плева глаз яркого красного цвета»^{*}.

Борисов опроверг заблуждение насчёт насекомоядной специализации свирристелей. В атласе он писал: «Свиристели насекомым решительно предпочитают ягоды и плоды, одна только крайность принуждает их пытаться насекомыми». Ссылаясь на рассказы сибирских охотников и птицеловов, составитель атласа уточнил, что «свиристели никогда не летают бесчисленными стадами. Эти птички очень лакомы до плодов сибирской яблони (*Pyrus baccata*) и осенью часто встречаются там, где растут деревья этого рода».

Более всего натуралиста занимала тайна гнездования свирристеля. Он предполагал, что эти птички выводят не более четырёх птенцов, но обращал внимание на то, что орнитологам ещё не известно с точностью, где и как свирристели выют свои гнёзда, сколько несут яиц, каким образом воспитывают птенцов.

Борисов пытался собрать сведения о гнездовании свирристелей в

Забайкалье, но безуспешно. Причину неудачных поисков он видел в чрезвычайной скрытности и осторожности птиц во время гнездового периода.

ЖИЗНЬ ЗА ГНЕЗДО

Интерес Борисова к гнёздам свирристелей был не случаен. Он знал, что европейские исследователи долго и тщетно старались разыскать их. Они высказывали догадку, что свирристели строят гнёзда в тёмных пещерах, скрытых от людских глаз. Чтобы проверить эту версию, птиц отлавливали и выпускали в специально сконструированные искусственные пещеры. Но те не вызывали никакого желания вить гнёзда в пещерном мраке.

В начале 1850-х годов молодой английский натуралист Джон Уолли (Wolley), мечтая разгадать тайну гнездования свирристелей, отправился на юг Лапландии. Он не знал языка и обычай местных жителей саами. Первое время ему приходилось объясняться с ними мимикой и жестами. Видимо, поначалу, его мало кто понимал, но со временем он обрёл среди саами друзей и помощников.

Через пять лет утомительных поисков Уолли, основываясь на следах свирристеля, предположил, что возможно он строит гнёзда в июне на ветвях елей. Но догадки требовали проверки, и натуралист твёрдо решил не возвращаться в Англию без найденного гнезда.

Увенчавшуюся успехом экспедицию английского естествоиспытателя описал немецкий учёный-зоолог Альфред Брем в своём знаменитом труде «Жизнь животных» (СПб., 1893, т. 4, с. 551). В 1857 году саамский мальчик привёл Уолли к гнезду, которое он так долго искал. Оно находилось на ёлке всего в метре от земли! В нём было два яйца. Натуралист установил возле гнезда ловушку и принялся ждать появления птицы. Сложно сказать, что он тогда чувствовал. Искать пять лет и томиться в ожидании встречи час...

^{*} Из книги «Естественно-научное наследие декабриста П. И. Борисова». Серия РАН: «Научное наследство». — М.: Наука, 2002.

И вот наступил долгожданный момент: свиристель осторожно приблизился к гнезду и... затрепыхался в ловушке. «В то мгновенье на свете не было человека счастливее молодого англичанина, который стоял в безлюдном северном лесу с гнездом и самим свиристелем на руках!» — писал художник и любитель птиц Якоб Санн.

К сожалению, исследователь дорого заплатил за свою находку. Тяготы и лишения, выпавшие на его долю в лапландской лесной глупши, подорвали здоровье. Через год он умер.

Без сомнения, Уолли совершил подвиг. Ведь даже в наше время спутниковой навигации и интернета лишь немногие наблюдали свиристеля у гнезда.

КРЫЛАТАЯ РАДОСТЬ

Сейчас жизнь свиристелей изучена гораздо лучше, чем во времена Борисова и Уолли. В частности, исследователям удалось выяснить, что их гнездовой ареал не распространяется южнее 58—60 градусов северной широты. Исключения составляют хвойные леса Урала и горы Алтая.

Гнездятся свиристели в июне. Строительным материалом для гнезда служат тонкие веточки ели, мхи и лишайники. Самка откладывает от 4 до 6 яиц. Во время двухнедельного насиживания самец заботливо кормит её. В выкармливании потомства участвуют оба родителя.

Летом рацион свиристелей составляют комары и мухи, которых они ловят на лету, а также ягоды. Осенью птицы переходят на питание плодами и откочёвывают на юг, зимой прилетают в города, где нередко находят обилие пищи.



Фото Алексея Мясникова

Прожорливость свиристелей просто поражает. За день они способны съесть больше ягод, чем весят сами! Говорят, некоторые свиристели объедаются до того, что падают в снег. Не знаю, насколько верно это утверждение, так как ничего подобного сам не наблюдал. Случаи падения птиц с ветки в результате переедания более вероятны в неволе. Птицеловы, содержавшие у себя свиристелей, утверждают, что птицы, долго живущие в клетке, склонны к ожирению.

Обжорство свиристелей приносит огромную пользу лесу. Дело в том, что их желудки не переваривают пищу полностью, и семена деревьев и кустарников выводятся из организма целыми и невредимыми. Попав в землю, они могут прорости.

Эти небольшие птахи способны преодолевать очень большие расстояния. Известны случаи, когда свиристели, окольцованные в Центральной России, оказывались в Сибири, Польше и Венгрии. В отдельные годы некоторые из них улетают в Китай, Узбекистан, Туркмению или мигрируют из Финляндии на север Африки.

Всюду, куда бы ни прилетели свиристели, они приносят людям радость. Зимой звонкие переливы их песен и красивая расцветка поднимают настроение и будто приближают весну.



Фото: ru.depositphotos.com/Reventant

ЛУННЫЙ ПАРАДОКС

Кандидат
физико-математических наук
Алексей ПОНЯТОВ.

Должен ли спутник Земли притягиваться к Земле сильнее, чем к Солнцу? Может ли у Луны быть спутник? Может ли быть спутник у астероида или кометы? Может ли космонавт стать спутником орбитальной станции?

ПОЧЕМУ ЛУНА — СПУТНИК ЗЕМЛИ?

Луна — единственное небесное тело, по поводу которого у астрономов с древности не было сомнений относительно его места во Вселенной. И Гиппарх, и Птолемей, и Коперник не сомневались, что Луна обращается вокруг Земли. О характере движения самой Земли, других планет и Солнца споры были, а относительно Луны — нет.

А вот с вопросом о том, почему Луна — спутник Земли, всё гораз-

до сложнее. Большинство людей на этот «детский» вопрос уверенно отвечают: Луна находится намного ближе к Земле, чем Солнце, поэтому притяжение Луны к Земле ($F_{лз}$) значительно больше, чем её притяжение к Солнцу ($F_{лс}$). Благодаря этому Земля и удерживает Луну около себя. Но давайте оценим эти силы с помощью закона тяготения Ньютона:

$$F_{лз} = G \frac{M_{л} M_{з}}{r_{лз}^2}, \quad F_{лс} = G \frac{M_{л} M_{с}}{r_{лс}^2}.$$

Отношение этих сил равно

$$\frac{F_{лс}}{F_{лз}} = \frac{M_{с} r_{лз}^2}{M_{з} r_{лс}^2} \approx 2,2,$$

● **ЛЮБИТЕЛЯМ АСТРОНОМИИ**

здесь $M_3 \approx 5,97 \times 10^{24}$ кг и $M_c \approx 1,99 \times 10^{30}$ кг — массы Земли и Солнца, $r_{L3} \approx 0,385$ млн км и $r_{LC} \approx 149,6$ млн км — средние расстояния Земля—Луна и Солнце—Луна.

Таким образом, получается, что Солнце притягивает Луну в 2,2 раза сильнее, чем Земля, а значит приведённое выше объяснение неверно.

Заметим, что сила тяготения Земли превосходит солнечную на расстоянии менее 0,286 млн км от нашей планеты. Область, где гравитационная сила космического тела преобладает над действием других тел, называется его сферой тяготения. Луна находится в 1,5 раза дальше границы земной сферы тяготения.

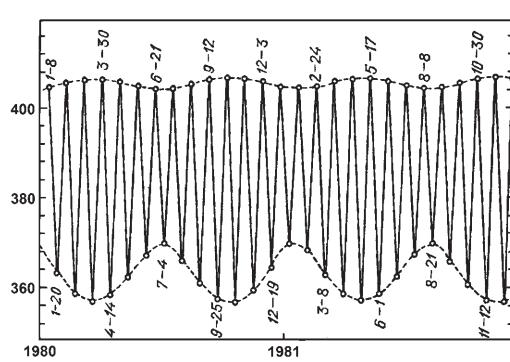
Этот парадоксальный факт вызывает у некоторых людей настоящее потрясение, они даже делают вывод о ложности закона тяготения. Попробуем разобраться, почему, несмотря на более сильное притяжение к Солнцу, Луна тем не менее остаётся спутником Земли.

Всё дело в том, какую роль играет сила притяжения Луны к Солнцу. Если бы Земля и Солнце занимались просто перетягиванием неподвижной Луны, то, разумеется, светило, действуя с большей силой, легко бы оторвало её от нашей планеты. Но Луна вместе с Землёй обращается вокруг Солнца, так что сила солнечного притяжения — это центростремительная сила, обеспечивающая движение Луны по орбите вокруг Солнца. Аналогично сила притяжения Земли к Солнцу обеспечивает обращение вокруг Солнца нашей планеты. Поскольку Луна расположена очень близко к Земле, по сравнению с расстоянием до Солнца, возникающие у них центростремительные ускорения ($a=F/M$) в первом приближении примерно одинаковы. Поэтому Земля и Луна синхронно обращаются вокруг Солнца как единое целое, не разбегаясь в разные стороны. Другими словами, для совместного движения Земли и Луны вокруг Солнца важно

отсутствие разницы между их центростремительными ускорениями, создаваемыми звездой. Различия в силе притяжения к ней роли не играют.

Такая же ситуация возникает при полёте космонавтов на орбитальной станции. Не надо думать, что станция везёт человека подобно самолёту или поезду, толкая его. Можно, например, представить космонавта, вышедшего из станции в открытый космос и никак не связанного с ней. Сила притяжения к Земле станции значительно больше, чем космонавта, но центростремительные ускорения примерно одинаковы. Поэтому космонавт продолжит совершать орбитальный полёт, не удаляясь от своего космического дома.

В системе Земля—Луна, движущейся вокруг Солнца, сила притяжения Земли заставляет Луну обращаться вокруг неё по орбите, на которую Солнце влияет из-за того, что расстояние от него до Луны не равно расстоянию до Земли, причём оно меняется при движении спутника Земли, и в разных точках орбиты Луна притягивается к Солнцу по-раз-



Изменение перигеев и апогеев Луны в 1980—1981 годах. Видно, что изменение эксцентриситета лунной орбиты (e) больше влияет на перигеи. Бельгийский астроном Ж. Мейюс уже в наше время обратил внимание на то, что все наименьшие и наибольшие расстояния Луны от Земли (так сказать, рекордные) имеют место между 25 ноября и 10 февраля, то есть вблизи перигелия, который Земля проходит 4 января. В это время e становится максимальным.

Из книги: Бронштэн В. А. Как движется Луна? — М.: Наука, 1990.

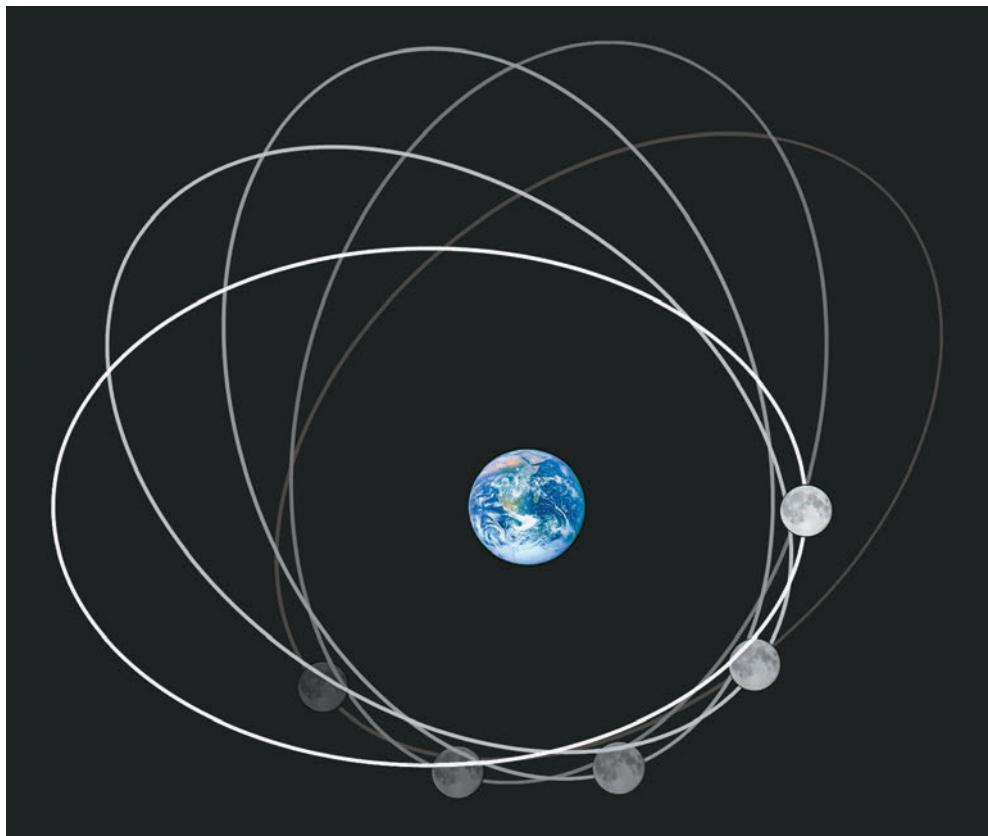


Рисунок: Rfassbind/Wikimedia Commons/PD

Орбитальная прецессия Луны — изменение направления линии апсид (перигей — апогей) лунной орбиты из-за притяжения Солнца. За год происходит поворот примерно на 40 градусов.

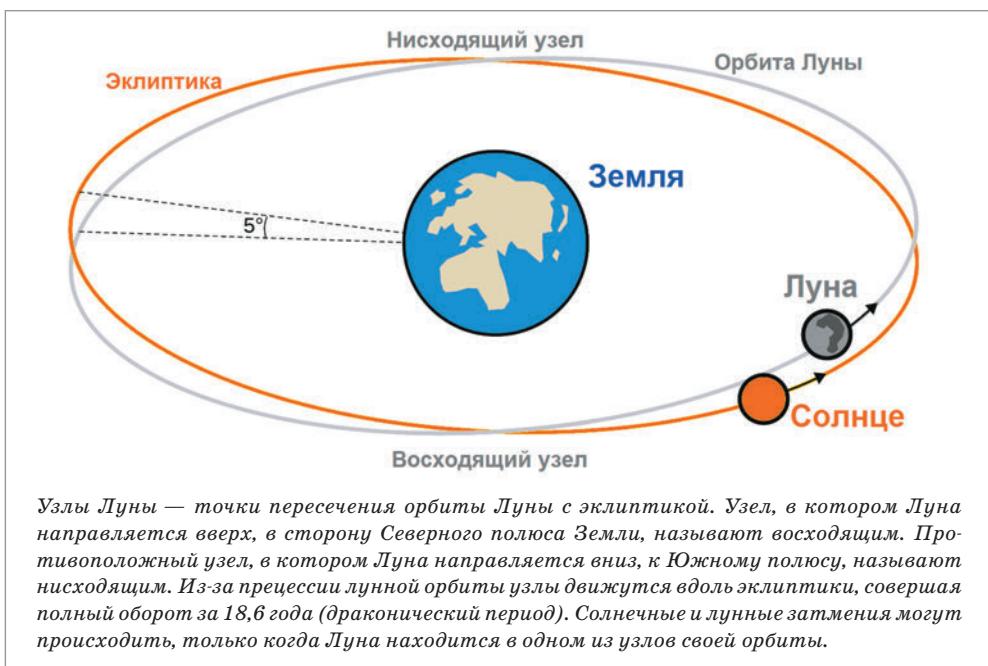


Рисунок: SuperManu/Wikimedia Commons/PD (с изменениями)

Узлы Луны — точки пересечения орбиты Луны с эклиптикой. Узел, в котором Луна направляется вверх, в сторону Северного полюса Земли, называют восходящим. Противоположный узел, в котором Луна направляется вниз, к Южному полюсу, называют нисходящим. Из-за прецессии лунной орбиты узлы движутся вдоль эклиптики, совершая полный оборот за 18,6 года (драконический период). Солнечные и лунные затмения могут происходить, только когда Луна находится в одном из узлов своей орбиты.

ному. Благодаря этому центростремительные ускорения Земли и Луны на солнечных орбитах на самом деле не равны. Их разница называется возмущающим ускорением. Именно оно определяет, как реально будет двигаться Луна. Её притяжение к Солнцу, а значит, и возмущающее ускорение будут максимальными в фазе новолуния, когда Луна находится ближе всего к Солнцу, располагаясь между ним и Землёй. Однако оценка показывает, что даже здесь это ускорение будет примерно в 90 раз меньше, чем центростремительное ускорение, создаваемое Землёй. В фазе же полнолуния, когда Луна окажется по другую сторону от Земли, нежели Солнце, возмущающее ускорение станет ещё примерно в семь раз меньше. Именно поэтому Солнце не в состоянии оторвать Луну от нашей планеты, и она остаётся её спутником. Более точно можно сказать, что спутником Солнца служит система Земля—Луна, в которой оба тела врачаются вокруг общего центра масс.

Правда, даже такого небольшого возмущающего ускорения достаточно для того, чтобы сделать движение Луны вокруг Земли весьма сложным. Это заметили очень давно, поскольку наблюдения за движением Луны велись с древности для составления календаря и навигации, и многие известные астрономы и математики на протяжении тысячелетий пытались вычислить орбиту Луны и предсказать её положение в заданные моменты времени. Замеченные ими отклонения движения Луны от стабильной орбиты получили название «лунных неравенств».

Как и положено по закону Кеплера, в первом приближении орбита Луны представляет собой эллипс, в одном из фокусов которого расположена Земля. Но притяжение Солнца его не прерывно деформирует. Так с периодом 31,8 суток происходит отклонение эллиптической долготы Луны на $1,27^\circ$, названное Птолемеем (II век)

«покачиванием» лунного апогея (самой удалённой от Земли точки орбиты). Сам Птолемей приписывал открытие этого явления Гиппарху (II век до н. э.), но, судя по всему, оно было известно ещё со времён древнего Вавилона. Спустя полторы тысячи лет, в 1634 году, французский астроном Исмаэль Буйо, известный под латинизированной фамилией Буллиальд (1605—1694), предложил для него название эвекция, используемое до сих пор. Одна из причин эвекции — изменение с периодом 206 суток вытянутости эллипса лунной орбиты (её эксцентриситет лежит в пределах от 0,0448 до 0,0650). Это сильнее сказывается на расстоянии до Луны в перигее, самой ближайшей к Земле точке лунной орбиты (оно изменяется в текущую эпоху от 356 400 до 370 400 км), чем в апогее (от 404 000 до 406 600 км).

Кроме того, линия апсид, соединяющая апогей и перигей, поворачивается в пространстве в восточном направлении, в котором движется сама Луна. Этот процесс, похожий на медленный поворот эллипса лунной орбиты, получил название орбитальной прецессии. Её период, то есть время полного оборота, составляет около 8,85 года.

Одновременно с периодом 18,6 года в пространстве вращается и плоскость лунной орбиты, в результате чего на небе смещаются в западном направлении точки её пересечения с эклиптикой (узлы). За каждый оборот Луны вокруг Земли узлы смещаются примерно на $1^\circ 5'$, заставляя её каждый раз идти по новому пути. Это явление, открытое Тихо Браге (1546—1601), назвали прецессией узлов. При этом наклон плоскости лунной орбиты к эклиптике колеблется в пределах от $4^\circ 58'$ до $5^\circ 20'$, составляя в среднем $5^\circ 09'$. Вдобавок возмущающее действие Солнца меняется в течение года, поскольку Земля сама движется по эллиптической орбите, а, значит, происходит изменение её расстояния до Солнца и, соответственно, сил притяжения к нему.



Всё это привело к тому, что сам Иоганн Кеплер (1571—1630) потерпел неудачу в попытке применить свои законы к движению Луны. Данные, полученные им за короткий отрезок времени, неплохо представлялись эллипсом, но для дальнейших наблюдений этот эллипс уже не годился и надо было подбирать другой. Задача, с которой не справился Кеплер, оказалась по плечу лишь Исааку Ньютону (1642—1727), объяснившему лунные неравенства на основе своей теории тяготения.

ЧТО ОКРУЖАЕТ СФЕРА ХИЛЛА?

Раз сила притяжения к Земле для её спутника может быть меньше его притяжения к Солнцу, возникает закономерный вопрос, а до каких тогда расстояний от Земли космическое тело будет оставаться её спутником? Американский астроном Джордж Хилл (1838—1914) на основе работ французского астронома Эдуарда Роша (1820—1883) вычислил размер области вокруг планеты, в которой она способна удерживать свой спутник, несмотря на гравитацию звезды, вокруг которой обращается. Эта область пространства получила название сфера Хилла, или сфера Роша. Надо понимать, что форма этой области достаточно сложна и не является сферой в строгом математическом смысле. В свою очередь, у спутника имеется своя сфера Хилла, в пределах которой любой объект будет уже спутником спутника, а не планеты.

Таким образом, если какой-то объект обращается вокруг Земли внутри её сферы Хилла, то он будет спутником Земли, хотя Солнце может существенно влиять на его орбиту. А космический аппарат, попав в сферу Хилла для Луны, станет уже её спутником, а не спутником Земли, хотя последняя, в свою очередь, может влиять на его орбиту. Если бы орбита Луны хотя бы частично вышла за пределы сферы Хилла Земли, то её возмущение, созда-

ваемое Солнцем, в конце концов оторвало бы Луну от Земли и сделало самостоятельным спутником Солнца.

Проиллюстрируем нахождение размера сферы Хилла на примере Земли. В системе отсчёта, связанной с Солнцем и вращающейся с той же частотой, что и Земля, на рассматриваемое тело в любой точке будут действовать три силы: притяжение со стороны Солнца, притяжение со стороны Земли и центробежная сила инерции. Внутри сферы Хилла результирующая суммарная сила везде должна быть центростремительной, то есть направленной к Земле. Это и заставит данное тело быть спутником Земли. Таким образом, сфера Хилла располагается между точками Лагранжа L1 и L2, лежащими на прямой, соединяющей центры двух тел. В них гравитационные силы, действующие на малое тело, уравновешиваются центробежной силой. В этом направлении протяжённость сферы Хилла меньше всего, что и ограничивает её размер.

Для перигея радиус сферы Хилла приблизительно можно рассчитать

$$\text{по формуле } r_H \approx a \sqrt[3]{\frac{M_3}{3M_c}}.$$

Здесь учтено, что $M_3 \ll M_c$, и орбита Земли близка к круговой (эксцентриситет равен 1) с радиусом a .

Расчёт показывает, что сфера Хилла для Земли простирается от неё примерно на 1,5 млн км (0,01 а. е.). Таким образом, Луна, не удаляющаяся от Земли более чем на 0,41 млн км, находится глубоко внутри сферы Хилла, что и делает её спутником Земли.

Более детальный анализ показывает, впрочем, что само по себе нахождение тела в сфере Хилла не гарантирует его вечного пребывания в качестве спутника. На малых расстояниях от планеты велики приливные силы, которые могут даже разрушить спутник, а вблизи границы сферы другие силы (например, радиационное давление, звёздный ветер или эффект Ярковского) могут в итоге, пусть и

РАДИУСЫ СФЕР ХИЛЛА И СФЕР ДЕЙСТВИЯ ТЯГОТЕНИЯ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Небесное тело	r_H , млн км	r_T , млн км
Меркурий	0,18	0,12
Венера	1,00	0,62
Земля	1,47	0,93
Марс	0,98	0,58
Юпитер	50,6	48,2
Сатурн	61,6	54,5
Уран	66,8	51,9
Нептун	115,0	86,8
Плутон	5,99	34,1
Луна	0,058	0,066

очень медленно, вывести объект за её пределы. Кроме того, спутник должен иметь достаточно малую массу, иначе надо учитывать его собственную гравитацию, которая может изменить выводы. Существует предположение, что стабильные орбиты спутников существуют только в пределах от $1/3$ до $1/2$ радиуса Хилла.

В Солнечной системе самые большие радиусы сфер Хилла имеют планеты-гиганты из-за их большой массы и удалённости от Солнца. Так, радиус сферы Хилла Юпитера превышает 50 млн км (0,33 а. е.). Это объясняет наличие у него 80 спутников и сильное влияние на орбиты пролетающих рядом комет. А вот для небольшой карликовой планеты Плутон, масса которой примерно в 6 раз меньше лунной, наиболее существенно большое удаление от Солнца. Благодаря этому его сфера Хилла в 4 раза больше земной. Космические объекты, попавшие в сферу Хилла больших космических тел — звёзд и планет, при определённых условиях, могут быть ими гравитационно захвачены и превращены в спутники. По всей видимости, именно так появились около 100 спутников планет-гигантов. Также весьма вероятно, что часть объектов Солнечной системы были когда-то захвачены Солнцем в ходе путешествия по Вселенной. Сфера Хилла для Солнца может служить границей Солнечной системы и характеристи-



Рисунок Алексея Понятова

Взаимное расположение сфер Хилла Солнца, Земли и Луны (без масштаба). Точки Лагранжа показаны зелёным цветом.

кой её размера. Она совпадает с внешней границей облака Оорта и оценивается примерно в два световых года.

Среди астероидов из пояса астероидов между Марсом и Юпитером наибольшую сферу Хилла с радиусом

Радиационное давление — давление, которое оказывает электромагнитное излучение (в частности, свет), падающее на поверхность тела.

Эффект Яровского — появление слабого реактивного импульса из-за разницы теплового излучения от нагретой дневной и остывшей ночной поверхности тела. Наиболее существенен для небольших объектов диаметром менее 10 км, вроде астероидов. Эффект предсказан около 1900 года российским инженером Иваном Осиповичем Яровским (1844—1902).



Фото: ru.depositphotos.com/lurii

Космонавт, вышедший из космического аппарата в космос, продолжает вместе с ним обращаться вокруг Земли, несмотря на разные силы притяжения. Спутником корабля он не станет, поскольку у того мала сфера Хилла.

более 200 000 км имеет 1 Церера, ныне относящаяся к карликовым планетам. Несмотря на то, что радиус сферы Хилла большинства астероидов невелик из-за их малой массы, некоторые из них всё же имеют собственные спутники. Так, сфера Хилла астероида 66391 Мошуп с перигелием 0,2 а. е. и диаметром 1,3 км имеет радиус всего 22 км. Но в 1999 году у него был обнаружен спутник (названный Скванинитом) размером около 360 м, обращающийся вокруг астероида на расстоянии 2,6 км.

Аналогично может существовать и спутник кометы. Правда, пока известен только один такой спутник, причём искусственный и временный. 10 сентября 2014 года «Розетта», космический межпланетный аппарат Европейского космического агентства, после ряда манёвров приблизился к комете 67Р / Чурюмова—Гerasименко примерно на 30 км и стал

её спутником на два года. Это позволило детально изучить характеристики кометы. Наибольший размер самой кометы — около 5 км, а её масса составляет 10 млрд т.

А может ли космонавт стать спутником космической орбитальной станции? Самая большая на сегодняшний день Международная космическая станция имеет массу свыше 440 т и находится на высоте около 420 км над Землёй. Сфера Хилла для неё будет иметь радиус всего 2 м, что намного меньше размеров станции, составляющих десятки метров. Так что спутником космического аппарата, находящегося на околоземной орбите, космонавт стать не может. Вот в глубоком космосе, вдали от звёзд и планет, сфера Хилла массивного космического аппарата может быть достаточно большой, чтобы космонавт мог обращаться вокруг него.

Помимо сферы Хилла в астрономии также используется понятие сферы действия тяготения, означающее область вокруг небесного тела, внутри которой его гравитационное воздействие на обращающийся по орбите объект превосходит воздействия всех остальных тел. Как правило, это понятие используют для описания области, где поведение спутников может в первом приближении быть описано только с помощью гравитации планеты, без учёта Солнца. Это позволяет свести сложную задачу для трёх взаимодействующих тел (например, Солнце, Земля и её спутник), не имеющую аналитического решения, к приближённой задаче двух тел (Земли и её спутника), решение которой уже известно. В таблице приведены значения радиуса сферы действия тяготения тел Солнечной системы относительно Солнца (за исключением Луны, для которой он получен относительно Земли). Заметим, что практически все искусственные спутники Земли находятся глубоко внутри сферы её тяготения и тем более внутри сферы действия тяготения.

ВОДОРОД ИЗ МЕТАНОВОЙ ПЛАЗМЫ

Поиском энергоэффективных, недорогих и экологически чистых методов получения водорода как нового вида топлива занимаются многие исследовательские организации и технологические компании. Один из методов производства этого газа, на который возлагают большие надежды, — плазменный пиролиз метана, то есть разложение природного газа при высоких температурах в плазме. Источник энергии в этом процессе — сетевая или полученная от возобновляемых источников электроэнергия.

Несомненное преимущество метода перед широко распространённым паровым риформингом метана (см. статью на с. 60) — отсутствие на выходе углекислого газа. То есть процесс пиролиза можно описать реакцией:



Таким образом, в ходе пиролиза образуются лишь водород и высокодисперсный углерод, то есть сажа — весьма ценный продукт. Сажа используется в резиновой промышленности, для производства бумаги, штемпельной краски, различных сортов лаков, в сельском хозяйстве, дорожном строительстве и других отраслях.

Энергозатраты на плазменный пиролиз метана сравнимы с таковыми для парового риформинга и в три-четыре раза меньше, чем при получении водорода электролизом воды. Однако до сих пор плазменный пиролиз метана в промышленных масштабах не ведут — прежде всего из-за отсутствия мощных и энергоёмких установок.

В АО ГНЦ «Центр Келдыша» («Роскосмос») уже более 40 лет занимаются разработками плазмотронов, используемых для испытания материалов при высоких тепловых нагрузках. В их числе плазмотрон «Звезда», выполненный за эти годы в разных модификациях. Отличительная особенность этих плазмотронов — возможность питания непосредственно от высоковольтных сетей переменного тока, что значительно упрощает систему электропитания по сравнению с плазмотронами постоянного тока. Мощность установок такой конструкции может достигать 30 МВт.

Сотрудники научного центра модифицировали конструкцию плазмотрона для ведения на нём

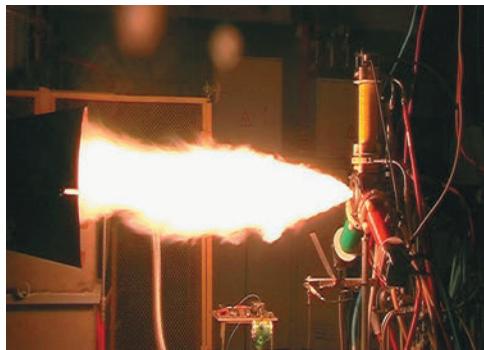


Фото: АО ГНЦ «Центр Келдыша»

Работа плазмотрона с электрической мощностью 1,4 МВт на метане. В эксперименте струя водорода и сажа горают в атмосфере.

плазменного пиролиза метана, в ходе которого получается газообразный водород и углерод в виде сажи. В декабре 2021 года электродуговой плазмотрон переменного тока мощностью 1,4 МВт прошёл успешное испытание.

Обычно плазменный пиролиз предполагает использование инертного газа: при его ионизации в электрической дуге образуется высокотемпературная плазма, в которой ведут процесс. В плазмотроне, разработанном и испытанном в «Центре Келдыша», метан подаётся непосредственно в дуговые плазменные каналы установки, без использования дополнительного инертного или иного газа. Такая конструкция даёт возможность избегать расходов энергии на подогрев (ионизацию) инертного газа и операцию по его отделению от получаемого водорода.

Использование технологии плазменного пиролиза может осложниться из-за нежелательного отложения сажи на внутренних плазменных каналах, где происходит образование плазменных дуг и непосредственный нагрев газа. Дело в том, что сажа электропроводна, поэтому её отложение на поверхности внутри плазмотрона может приводить к короткому замыканию между электродами и исчезновению электрической дуги. Однако пути решения данной проблемы у сотрудников научного центра есть.

Технологии плазменного пиролиза нацелены на реализацию концепции водородной энергетики и снижения выбросов углекислого газа.

Татьяна ЗИМИНА.
По информации
АО ГНЦ «Центр Келдыша».

● О ЧЁМ ПИШУТ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЖУРНАЛЫ МИРА



КОГДА ЕВРОПЕЙЦЫ ОТКРЫЛИ АМЕРИКУ?

Уже давно историки пришли к заключению, что Колумб и его моряки не были первыми европейцами, приплывшими в Америку, хотя нельзя не признать, что именно с Колумба началось освоение нового материка. Но первенство следует отдать викингам (они же норманны или варяги) — скандинавским мореходам, совершившим дальние плавания на своих драккахах, самых лучших для того времени мореходных судах длиной от 15 до 18 м, с парусом и экипажем до 70 гребцов. На основании скучных сведений, сохранившихся главным образом в исландских сагах, считалось, что викинги приплыли в Америку около 1000 года. Однако новое исследование,

Реконструкция построек викингов в Л'Анс-о-Медоуз (Канада). Свои деревянные дома викинги засыпали землёй для теплоизоляции и сверху обкладывали дёрном.

основанное на изотопных данных, позволило уточнить и верифицировать эту дату.

В 1960-х годах около небольшого рыбакского посёлка Л'Анс-о-Медоуз на канадском острове Ньюфаундленд норвежские археологи нашли остатки восьми жилищ и кузницы, принадлежавших викингам. Точно оценить возраст находки тогда было невозможно, по косвенным признакам ей дали 1000—1100 лет. Но недавно этот срок удалось определить точнее, с помощью значительно ушедших вперёд методов анализа, а главное — благодаря редкому астрофизическому событию, которое в наши дни нарушило бы работу связи, транспорта и всех компьютеров мира.

Среди остатков сооружений на стоянке викингов нашли четыре куска дерева, входивших в состав этих домов и явно не принадлежавших местным племенам. Индейцы тогда не имели металлических орудий труда, а эти фрагменты хвойных деревьев — ели и туи — определённо обработаны металлическим топором.

Анализ древесины, проведённый в университете Гронингена (Нидерланды) и научном центре Мангейма (Германия), позволил найти в кольцах роста на срезах фрагментов со стоянки викингов изотоп углерода ^{14}C . Он возникает в верхних слоях атмосферы под воздействием солнечной радиации и усваивается растениями в составе CO_2 . Его содержание в воздухе обычно колеблется из года в год менее чем на 0,2%. Повышенное содержание ^{14}C в отдельных кольцах говорит о том, что они образовались в годы, когда на Солнце происходили сильнейшие взрывы, отразившиеся на Земле резким увеличением космической радиации. Из исследований годовых колец деревьев в других регионах известно, что резкие скачки изотопа углерода происходили в 775 и 993 годах. Когда изучи-



Фото: Dylan Kerecuk/Wikimedia Commons/CC BY-2.0

ли образцы дерева со стоянки викингов в Америке, выяснилось, что там присутствуют кольца роста, в которых годовое изменение содержания изотопа ^{14}C в 6 раз выше, чем в предшествующие и последующие годы. Этот годичный прирост соответствовал вспышке солнечной активности 993 года, так что получился своеобразный древесный календарь. Отсчитывая от «радиоактивных» колец в сторону коры (как известно, новое кольцо дерева откладывается каждый год на периферии, под корой), учёные из Нидерландов и Германии смогли рассчитать, что топоры викингов срубили эти деревья ровно тысячу лет назад, в 1021 году.

Почти одновременно с появлением статьи об этих расчётах итальянский историк Паоло Кьеза опубликовал в американском научном журнале «*Terrae Incognitae*» («Неведомые земли») большую работу о найденном им первом упоминании Америки в Италии. Оно содержится в неизданной хронике, написанной на латыни миланским монахом Гальвано Фьямма (1283 — около 1345). Фьямма в 15 томах своего труда «Всеобщая хроника» (начат в 1339 году) пишет о «земле, называемой Маркалада» и расположенной к западу от Гренландии. Генуэзские моряки, ходившие в Данию и Норвегию, рассказали ему, что «к северу от Норвегии находится Исландия; дальше — остров, называемый Гроландия. Ещё западнее расположена другая земля, называемая Маркалада, где обитают гиганты. Они строят дома из таких огромных каменных глыб, поднять которые могут лишь великаны. Там имеются зелёные деревья, животные и множество птиц. Но ни один мореплаватель не знает об этой земле и её особенностях ничего достоверного». Кьеза считает этот пассаж первым упоминанием об Америке вне Скандинавии.

Так или иначе, в отличие от открытия Колумба, пришествие норманнов не имело, насколько мы можем сейчас судить, никаких долговременных последствий. Других европейских артефактов доколумбового времени в Америке не найдено. В хромосомах современных индейцев не нашлось следов того, что суровые северные мореходы пользовались благосклонностью местных индейцев. Видимо, пришельцы то ли погибли на новом континенте, то ли, перезимовав и отремонтировав свои суда, отбыли восвояси, унося с собой массу впечатлений для занимательных рассказов на родине.



Фото: Calypont/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

При нехватке снега для зимних видов спорта приходится прибегать к «снежным пушкам», как это случилось на зимней Олимпиаде 2018 года в Пхёнчхане (Южная Корея). По оценкам организаторов, как минимум 98% снега здесь было получено с помощью техники. В малоснежные зимы, при температурах -1°C и ниже подобные устройства вполне эффективны.

СПОРТ И КЛИМАТ

Как и на многих других областях нашего повседневного существования, глобальное потепление заметно отразится на спорте, отдыхе и физической активности. А эти деятельности человека, в свою очередь, влияют на потепление климата. Об этом пишет канадский журнал «The Conversation», основываясь на работах канадских и французских физиологов и климатологов.

Поиск в интернете принёс им более 900 статей по интересующей их тематике, опубликованных на французском или английском языке. После отсеивания статей о влиянии на климат пустой упаковки, оставляемой на стадионах футбольными болельщиками, или выбросов CO_2 при доставке спортсменов и зрителей со всего мира на Олимпийские игры, осталось 74 работы именно по спорту и физической активности. В некоторых из исследований учитывались данные до двух миллионов человек.

Анализ этой информации показал, что изменение климата неизбежно повлияет на физкультуру и спорт, в том числе профессиональный. Повышение температуры резко ограничит список городов, которые смогут претендовать на звание олимпийской столицы.

Если считать, что всего на планете около 650 городов, которые могли бы рассматриваться как кандидаты на устройство Олимпиады (города с населением не менее 600 000 человек, расположенные на равнинной местности не выше 1600 м над уровнем моря), то в Западной Европе к 2085 году останется 25 таких городов, а на остальных континентах Северного полушария — только 8. На севере Африки или в Центральной Америке и странах Карибского бассейна городов с подходящими условиями не будет совсем. И, естественно, физические усилия при повышенной температуре станут затруднительны.

Для зимних олимпийских и паралимпийских игр требуется снежный покров не менее 30 см и среднесуточная температура ниже нуля. По оценке авторов, к 2080 году из 21 города, подходящего для этих спортивных праздников, пригодные климатические условия останутся только в 10—12 городах, и то при условии, что выбросы промышленности и транспорта останутся на современном уровне или вырастут незначительно. Паралимпийские зимние игры находятся в большей опасности, так как проходят в марте, когда снег уже может начать таять (обычные зимние игры — в феврале).

Правда, уже имеется опыт сдвига сроков игр на другой сезон. Например, летние Олимпийские игры 2000 года (Сидней) проходили в сентябре, то есть местной весной. А летние игры 2016 года (Рио-де-Жанейро) состоялись в августе, бразильской зимой, когда погода наиболее близка к нашим представлениям о не очень жарком лете. Будем надеяться, что, маневрируя сроками и широтами, Олимпийскому комитету удастся сохранить эти прекрасные традиции.

КТО УМНЕЕ?

По определению психологического словаря, ум — это способность думать, понимать и усваивать информацию. Поскольку эти функции собраны в головном мозге, американский

палеонтолог Даниэл Кепка задумался: а насколько ум зависит от размера мозга? Его размышления на эту тему изложены в журнале «American Scientist».

Если считать, что большой мозг умнее меньшего, то слон или кит должны быть много умнее человека: мозг слона весит в среднем 4925 граммов, мозг синего кита — 4700, а человека — 1590 граммов. Но справедливее будет сопоставлять относительные размеры мозгов, удобнее всего — относительную массу, то есть долю, которую этот орган занимает в общем весе организма. У более мелких животных относительная масса мозга выше, чем у гигантов фауны. Так, мозг домовой мыши весит 0,4—0,5 грамма. Если скромную мышку увеличить до размеров слона, её орган мышления весил бы 60 кг. Конечно, мышь никак нельзя назвать глупой, и всё же за слоном мы признаём значительно больший ум. С другой точки зрения, кит с его почти пятикилограммовым мозгом явно не умнее человека и, пожалуй, глупее слона — хотя бы потому, что у него нет таких органов, как руки или хобот, которыми можно манипулировать с предметами, что сильно развивает разум. Не забудем, что мозг нужен далеко не только для размышлений и разумной реакции на окружающую среду, не только для получения из неё всего необходимого и выгодного реагирования на события и перемены, в ней происходящие. У человека собственно мышлением занимается кора головного мозга, и то не вся, а основная масса мозга занята обеспечением автоматических функций организма, о которых нам, к счастью, не приходится задумываться. Например, мы не думаем о сохранении баланса при ходьбе, беге и любом изменении позы, не регулируем частоту дыхания, процессы кровообращения, координацию движений, работу органов зрения и слуха и много чего ещё. У слона и кита на эти функции отводится гораздо большая доля массы мозга, чем у человека и тем более мыши. Кроме того, жизнь (и работа мозга) кита и других водных млекопитающих осложнена ещё и тем, что они выполняют трёхмерные движения в диапазоне от поверхности океана до

Рисунок: Stephanie Freese/
American Scientist



На этом рисунке, где мышь и слон приведены к одному масштабу, хорошо видно, насколько мышиный мозг больше слонового.

ЦИФРЫ И ФАКТЫ

его глубин порядка полутора километров, а не передвигаются по сравнительно плоской суще, как человек.

Составив графики взаимной зависимости размера мозга и общего размера тела, биологи увидели, что наш мозг примерно в 6,5 раза тяжелее, чем следовало бы ожидать у млекопитающего такого размера. Мозг шимпанзе весит в среднем 350—400 г, при весе всего животного 70 кг, граммов на 50 больше весит мозг орангутана при весе тела 100 кг, а у человека — более полутора килограммов при весе, сравнимом с весом этих наших родственников. По тем же размерным пропорциям мозг слона немного тяжелее, чем можно было бы ожидать, а мозг мыши слегка меньше, чем полагается при её размерах. Мозг более крупный в сравнении с размерами организма обычно связан с лучшими способностями к обучению, познанию, использованию инструментов, что, как всё больше выясняется, свойственно не только человеку.

Не у всех позвоночных корреляция размеров мозга и тела одинакова. Так, мозг птиц семейства врановых (вороны, сойки, галки, грачи) больше, чем «полагается» по размеру птицы. Отсюда их ум сопоставим с млекопитающими (см. «Наука и жизнь» № 10, 2014 г., с. 50; № 1, 2017 г., с. 91). Когда британские биологи решили проверить, насколько ворон умён, ему дали пить воду из глубокого кувшина, до которой он не мог дотянуться клювом. Тогда ворон додумался бросать в кувшин всякие предметы, чтобы уровень воды поднялся. Предметы ему предлагали разные, тяжёлые и лёгкие, и ворон быстро понял, что нетонущие вроде куска пенопласта тут бесполезны. Грачи и вороньи могут использовать инструменты, например, выковыривают пищу, спрятанную в щель, палочкой, зажав её в клюве. А сойка достаточно умна, чтобы подсмотреть, куда белка прячет орехи, и присвоить их. При росте и развитии воронёнка мозг увеличивается быстрее, чем остальное тело — как и у человека, хотя у новорождённого он и так непропорционально велик. Это же происходит у попугаев, особенно у самых крупных. И попугай (даже волнистые попугайчики), и вороны способны усваивать слова человеческого языка, от нескольких десятков до нескольких сотен. А всё потому, что мозг у них больше, чем полагалось бы при таких размерах тела. И плотность размещения нейронов в некоторых отделах мозга этих умных птиц приближается к человеческой.

■ Анализ английского и американского интернета показал, что 65% дезинформации о COVID-19 распространяется с 12 сайтов, читаемых 59 миллионами пользователей.

■ За 2021 год на свалки во всём мире, по оценке международной группы экспертов, было выброшено 57,4 миллиона тонн электронного и электрического оборудования, сломавшегося или просто устаревшего. По сравнению с 2020 годом это прирост на 7%, хотя до сих пор ежегодный рост составлял 3—4%.

■ Рассмотрев 88 125 научных статей, вышедших за 2012—2020 годы и посвящённых изменениям климата, американские климатологи нашли, что более 99,95% этих статей говорят о том, что в таких изменениях виновен человек. Из статей на эту тему, опубликованных за 2001—2012 годы, человека винили 97%.

■ В США ведутся эксперименты по управлению сновидениями, точнее — внедрению в сны коммерческой рекламы. Сорок исследователей сна и сновидений из 11 стран подписали коллективное письмо с требованием запретить такие манипуляции снами.

■ Голодная мушка дрозофилы способна преодолеть в беспосадочном полёте 15 км, чтобы найти пищу. Если сравнить с человеком, это равнозначно тому, как если бы человек пробежал в поисках пищи 10 000 км.

■ В мире насчитывается 39 млн колодцев, и не менее 20% из них могут пересохнуть в ходе потепления климата.

■ По оценкам, мировое судоходство ответственно за выброс 3% диоксида углерода, разогревающего атмосферу, и 13% ядовитых соединений серы и азота, поступающих из-за деятельности человека. Хотя по международным нормам с 1 января 2020 года для судов разрешено только топливо с содержанием серы 0,5% вместо обычных 3,5%, контроль за соблюдением ограничений не наложен.

В материалах рубрики использованы сообщения следующих журналов: «New Scientist» (Великобритания), «Fraunhofer-Magazin» (Германия), «The Conversation» (Канада), «American Scientist», «Science News» и «Sky and Telescope» (США).



ГРИБЫ МОИ СНЕЖНЫЕ

Леонид СМИРНОВ (Санкт-Петербургское микологическое общество).



В прежние годы, когда на землю ложился снег, даже самые упорные и заядлые грибники убирали корзины подальше с глаз. Грибной сезон был закрыт — у кого до весны, а у кого и до лета. Но ситуация меняется вместе с климатом, и теперь многие микологи-любители занимаются тихой охотой и зимой — собирают или же фотографируют морозостойкие грибы.

С непривычки странно видеть крепкие, сочные грибы, растущие прямо из снега или на свежих проталинах. В большинстве случаев это виды, которые появляются из-под наста в сильные оттепели. Как правило, они прекращают расти после первого ощущимого мороза, хотя надолго сохраняют свой здоровый вид. И лишь немногие грибы, отогревшись и отряхнувшись, снова идут в рост. Наилучший пример — зимние опята, или фламмулины бархатистоножковые.

«Снежные волосы» на больном дереве.

◀ «Снежные волосы» на валежнике.

Однако, есть и такие виды, которые прекрасно себя чувствуют под снежной шубой: одни пережидают под ней лютые морозы и погодные скачки, словно засыпая на несколько месяцев, а другие продолжают расти, используя маломальские потепления, чтобы весной выйти на свет уже вполне сформировавшимися плодовыми телами, способными к плодоношению. Большинство этих снеголюбцев относятся к аскомицетам, или сумчатым грибам.

И всё же я начну своё поествование не с них, а с довольно невзрачного, рас-простёртого по субстрату трутовика, который создаёт в лесу ощущение зимы ещё до первого снегопада. Речь идет об эксцидиопсисе налитом (*Exidiopsis effusa*). Его причастность к возникновению легендарных «снежных волос» доказана в 2015 году группой немецких и швейцарских учёных. На разгадку их тайны ушёл почти целый век, ведь впервые феномен «ледяных волос» описал в 1918 году немецкий учёный Альфред Вегенер — создатель теории дрейфа материков.

«Морозная борода», «мохнатый лёд», «ледяные ленты», «ледяные цветы» и даже «ледяной кролик» — народы разных стран дали «снежным волосам» множество звучных названий, что говорит о необычности и популярности этого лесного чуда. В интернете можно прочитать, что «снежные волосы» в России образуются в ноябре. Наши наблюдения в окрестностях Санкт-Петербурга сущест-

венно раздвинули сроки — с ноября по февраль.

«Снежные волосы» похожи на пучки очень тонких совершенно седых человеческих волос. Они растут на валежных стволах и ветках, а также на некоторых ещё живых, но тяжело больных деревьях. Особенно им нравятся трещины и разного рода выемки в древесине, отслоившаяся кора.

«Волосы» тают в руках, а значит, состоят в основном из льда. «Снежные волосы» могут быть и прямыми, и похожими на кудри, длина их несколько сантиметров. Хотя известны находки длиной до трети метра.

Теперь уже ясно, что «снежные волосы» образуются при температуре воздуха чуть ниже 0°C, при высокой влажности и в бесснежный период. Для их появления необходим субстрат с микроскопическими порами, включающий старые трутовики, травянистые растения и даже пористую (но не промороженную!) почву. Субстрат должен быть насы-

щен дождевой водой. И тогда при похолодании он начинает скиматься, медленно выдавливая воду сквозь поры. На воздухе вода застывает.

«Волосы» образуются лишь в присутствии гриба эксцидиопсиса налитого, а также продуктов его жизнедеятельности. Благодаря им ледяные нити сохраняют свою структуру и форму и не тают при небольшой плюсовой температуре в течение многих часов и даже дней.

Существует гипотеза, что возникновению «снежных волос» может способствовать не только эксцидиопсис, но и самые разные древоразрушающие грибы. При разложении ими древесины образуется углекислый газ и вода. Именно под давлением газа вода выжимается из недр на поверхность субстрата. Вполне возможно, что присутствие других грибов служит эксцидиопсису дополнительным подспорьем. В любом случае эксперименты показали, что предварительная стерилизация субстрата



Примордий строчки обыкновенного.



Примордии строчек гигантских.



Примордии сморчков конических.



Примордий шапочки сморчковой.

не даёт возникнуть «волосам». Без грибов «снежные волосы» расти не могут.

Поздней осенью и зимой в районе Санкт-Петербурга, Москвы и на других территориях с мягким климатом в аномально тёплую погоду

с ноября по март (но далеко не каждый год) были найдены примордии (зародыши) весенних сумчатых грибов: строчек обычновенных (*Gyromitra esculenta*) и гигантских (*Gyromitra gigas*), а также сморчков конических

с ноября по март (но далеко не каждый год) были найдены примордии (зародыши) весенних сумчатых грибов: строчек обычновенных (*Gyromitra esculenta*) и гигантских (*Gyromitra gigas*), а также сморчков конических

(*Morchella conica*) и шапочек сморчковых (*Verpa bohemica*). Размер их всего несколько миллиметров. В комфортной ситуации примордии могут быстро развиваться, но они же, словно впадая в спячку, способны переносить холод и другие неблагоприятные условия. Правда, уходя под снег, зародыши рискуют уже никогда не повзростиеть. Чаще всего именно так и происходит на Карельском перешейке. В положенное время из земли выходят уже совсем другие экземпляры — порой рядом с исчезнувшими. Наглядный пример — история новорождённых сморчковых шапочек во Всеволожском районе Ленинградской области, за которыми в 2020 году наблюдал миколог-любитель Станислав Владимирович Кривошеев. 18 января в очередную оттепель он обнаружил семейство проклонувшихся сморчковых шапочек, но вскоре они были засыпаны снегом и погибли, а 12 февраля появился новый зародыш шапочки, уже следующей генерации. К сожалению, и он долго не прожил, а первые полноценные грибы появились только в конце марта.

Я знаю лишь редкие случаи, когда примордии строчек продолжали развиваться под толстой снежной «шубой». Так, в середине апреля 2018 года С. В. Кривошеев обнаружил строчки гигантские. Они были уже заметно выросшими, хотя и изрядно расплющенными под тяжестью толстого, медленно тающего наста, и было их довольно много.

В центре России, судя по наблюдениям известного натуралиста Ивана Викторовича Матершева, шансов выжить зимой у грибных примордии

несколько больше. Например, зародыш сморчка конического он нашёл 17 января 2020 года, а к концу февраля этот гриб продолжал расти, увеличившись в размерах в четыре раза. Примордии строчек гигантских И. В. Матершев обнаружил 22 февраля того же года, а в марте наблюдался рекордно ранний их массовый рост (слой).

Менее драматична жизнь снеголюбивых грибов, которые зарождаются осенью, прекрасно зимуют под снегом, а выйдя на поверхность, продолжают развиваться и даже начинают спороносить.

Преобладают в этой группе морозостойкие аскомицеты. Самые распространённые среди них — саркосцифы австрийские (*Sarcoscypha austriaca*). Эти грибы внешне напоминают ярко-красные чашечки с чуть завёрнутым беловатым краем. Внутри чашечка гладкая, матовая, снаружи — вертикально-бороздчатая, опушённая, белёсая или розоватая, к старости желтеющая. Диаметр плодового тела — от 1 до 6 см, высота — от 0,5 до 2 см. К концу жизни саркосцифа может в нескольких местах лопнуть по краю и распрямиться в неровный красный блинчик. У неё имеется погружённая в землю, сужающаяся книзу беловатая или бело-розоватая ножка толщиной от 4 до 6 мм, длиной до 3 см (редко — до 5 см).

Саркосцифа австрийская обитает в широколиственных, смешанных лесах и городских парках, вырастает она на земле, богатой гумусом, на мху и прелых листьях, гораздо чаще — на валежных веточках (в том числе погружённых в почву), изредка — на замшелых поваленных стволах



Саркосцифа австрийская.

деревьев. Она любит обочины лесных дорог и придорожные канавы.

В центральных областях России гриб плодоносит с начала апреля до середины мая, а в благоприятных условиях может единично появляться и в марте. При позднем начале зимы плодовые тела способны вырасти в конце ноября — начале декабря. Под Санкт-Петербургом в тёплую осень и зиму саркосцифу видели в середине октября, а изредка даже в сентябре. В оттепели и слабые заморозки она может развиваться вплоть до середины февраля. Рано или поздно грибы уходят под снег, где переживают морозы. Часть плодовых тел

при этом погибает. Весной саркосцифа выходит на поверхность и растёт со второй декады марта (чаще — с начала апреля) до начала июня — группами, порой огромными.

В более южных районах обитает близнец этого гриба — саркосцифа ярко-красная (*Sarcoscypha coccinea*). Чисто внешне они неотличимы. На некоторых территориях эти два вида могут расти рядом.

Другой «снежный» вид гриба более редок и потому попал в Красную книгу Российской Федерации. Это саркосома шаровидная (*Sarcosoma globosum*). У неё крупное плодовое тело: от 3 до 6 и даже



Саркосома шаровидная.



Зима. Но для Леонида Эллиевича Смирнова грибной сезон отнюдь не закрыт.

12 см в диаметре и от 3 до 9,5—12 см в высоту. В юности гриб шаровидный, с гладкой поверхностью, позже превращается в шаровидно-усечённый, бочонковидный, кубковидный или цилиндрический с бархатистой поверхностью, тонким, ровным, слабоморщинистым краем, который при высыхании становится морщинистым, складчатым. Поверхность плодового тела бурая, тёмно- и чёрно-бурая, коричневая или тёмно-коричневая, в основании обычно более тёмная. У гриба блюдцеобразная поверхность, в юности вогнутая, затем плоская, она блестящая, при

подсыхании бархатистая, черноватая. Внешне гриб похож на бочонок с крышечкой, который наполнен прозрачной студенисто-водянистой субстанцией типа желе. Ножка у саркосомы отсутствует.

Этот экстремальный вид зародился в суровых условиях Альп и способен переносить катастрофические скачки погоды. Саркосома растёт на моховой подстилке и хвойном опаде в старых темнохвойных, елово-кедрово-пихтовых, а также смешанных с елью лесах, в том числе по краю старых лесных дорог и тропинок. Гораздо реже она встречается на опушках леса, на полянах под соснами, на застраивающих вырубках. Грибы часто почти скрыты во мхе, наружу выступает только их верхняя часть. Первые экземпляры могут появляться с начала ноября или в зимние оттепели, а часть плодовых тел начинает расти ещё под снегом. Массовый рост наблюдается в разные сроки в зависимости от климата — но в основном с конца марта до начала мая.

Ещё один «подснежный» гриб — урнула зимняя (*Urnula hiemalis*). Он не так красив, как саркосцифа. Плодовое тело в юности эллипсовидное или яйцевидное, с возрастом раскрывается на вершине. В зрелости гриб становится кубковидным или чашевидным, с кожистым, неровным краем, порой с отогнутыми лопастями. Ножка короткая, погружённая в опад, суженная к основанию, серо-коричневая. Я находил экземпляры до 7,5 см диаметром, высотой до 7 см (в том числе ножка — до 1,5 см).

Гриб обитает в хвойных и смешанных лесах, развиваясь на почве и подстилке.



Урнула зимняя.



Псевдоплектания черноватая.

Растёт обычно группами. Плодовые тела образуются с середины ноября по апрель, доживают свой век в мае. Миколог Е. С. Попов считает, что созревают они медленно и часто отмирают до образования спор.

В Центральной России и более южных районах растёт похожий вид — урнула бакаловидная (*Urnula craterium*). Она немного крупнее урнулы зимней, предпочитает широколиственные леса и обычно растёт на гнилой древесине лиственных пород (чаще подгребённой почвой). Появляется гриб в более поздние сроки и из-под снега не выходит.

Под снегом прекрасно себя чувствует более мелкий тёмный гриб, по форме слегка похожий на урнулу, — псевдоплектанция черноватая (*Pseudoplectania nigrella*). Чёрное плодовое тело гриба в младенчестве полушиаровидное, почти круглое, позже — чашевидное и в зрелости — блюдцевидное. Ножка отсутствует. Гриб обычно не превышает 3 см в диаметре и лишь изредка бывает крупнее.

Псевдоплектанция предпочитает еловые или смешанные с елью леса, где селится на перегнившей древесине, хвойной подстилке, во мхах. Реже растёт под соснами. Появляться может начиная с середины октября. В тёплую зиму продолжает рост в декабре и январе. Из-под снега выходит в конце марта или апреле, затем плодоносит до конца весны, реже — и в начале июня. Иногда может расти очень большими группами.

К списку «снежных» грибов следует добавить чрезвычайно интересный вид — говорушку снежную (*Rhizocybe pruinosa*). В переводе с латы-



Говорушка снежная.

ни слово *pruinosa* означает «покрытый инеем», «холодный». Это пластинчатый гриб, который очень украшает лес в тёплые зимы и ранней весной. Но, в отличие от морозостойкой весенней говорушки кошенильной (*Rhizocybe vermicularis*), проводит всю зиму под снегом.

Шляпка уснежной говорушки от 2 до 5 см в диаметре, в юности выпуклая, с загнутым краем, с возрастом становится вдавленной, с тонким лопастным опущенным краем. Она гладкая, серо-розовая или серо-буроватая с более тёмной серединой, порой с беловатым налётом, в сухую погоду с восковато-блестящей поверхностью, к старости может выцветать концентрическими зонами. Пластинки беловатые, кремовые или светло-бежевые, частые, тонкие, слабо нисходящие с цельным краем. Ножка 3—4 см длиной и 3—5 мм толщиной, цилиндрическая или сужающаяся к основанию, часто изогнутая, плотная, гладкая, одноцветная с пластинками.

Гриб растёт осенью в Ленинградской области со второй половины октября на лесной подстилке и обочинах

дорог в смешанных и светлых хвойных с елью лесах, на известковых почвах. Способен прекрасно перезимовать под снегом во мхе. Весной, в апреле и в мокром, прохладном мае, вытаявшие из-под снега экземпляры почти неотличимы от молодых.

Однажды я пытался получить споры говорушки, собранной по весне. Нужно было убедиться в том, что гриб не просто хорошо законсервировался, а жив и готов к спороношению. К моему великому сожалению, лист бумаги, на котором лежала шляпка, остался чистым. Однако учёные-микологи объяснили мне, что споры снежной говорушки немного и она очень неохотно с ними расстается.

На самом деле список грибов-зимовщиков гораздо длиннее. В своём повествовании о «снежных» грибах я не затронул древесные виды, которые продолжают расти или хорошо сохраняются зимой. Среди них есть много интересных пластинчатых, дрожжаковых и афиллофоровых грибов. Но это уже отдельная тема.

Фото автора.



Это — картонные вставочки-предохранители для радиоаппаратуры. Часто в радиоприёмниках, радиолах, проигрывателях, телевизорах и магнитофонах применялись плавкие предохранители в виде стеклянных трубочек с проходящей посередине тонкой проволочкой. При перегорании их заменяли. Если после замены новый предохранитель опять перегорал — дело плохо, надо вызывать мастера, что-то не в порядке в самом приборе.



Фото Леонида Ашканизя (4)

ЭЛЕКТРОПРИБОРЫ ПОД ЗАЩИТОЙ (См. с. 80.)

Функции электрических предохранителей известны — разрывать цепь при перегрузке. Оба употреблённых слова — разрывать и перегрузка — требуют комментариев и уточнений, а во многих случаях — решения сложных инженерных и физических задач. Рассмотрим лишь самые простые моменты.

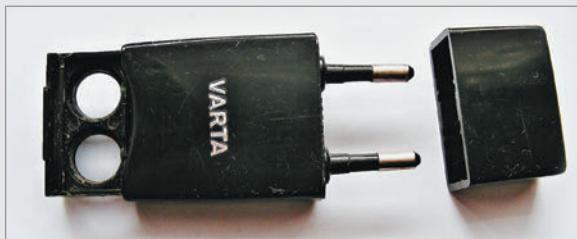
Разрыв цепи занимает какое-то время, и понятно — чем оно должно быть меньше, тем сложнее задача. Далее: до разрыва по цепи протекал ток, а падение напряжения на этом участке было пренебрежимо

мало. После разрыва тока нет, а вот что с напряжением? Как правило, именно на этом разрыве оказывается большое напряжение, то, при котором до срабатывания предохранителя работали источник и потребитель. Что, если при разрыве цепи произойдёт пробой (в воздухе и парах материала электродов) и вспыхнет дуга? В быту мы с этим обычно не сталкиваемся, а в энергетике — на каждом шагу.

Теперь поговорим о перегрузке. Провести без сна одну ночь — это одно, а две недели спать по четыре часа

(как некоторые студенты в сессию) — совершенно другое. Поэтому, если заходит речь о перегрузке электрической, то важно, какая именно перегрузка и на какое время допустима. Причём понятно, что если предельный ток, при котором сеть может работать длительно, равен, например, 25 А, то ток в 26 А отключить надо, но можно делать это не очень спеша, а если 250 А, то ситуация радикально иная. Основную характеристику предохранителя, связь тока и времени отключения, электрики называют «ампер-секундной характеристикой». И во многих случаях применяют одновременно несколько предохранителей, обеспечивающих защиту в разных диапазонах перегрузок. Например, в кор-

Зарядное устройство для «пуговичных» аккумуляторов в закрытом и раскрытом виде.



пунке каждого предохранителя, имеющегося в вашей квартире или в распределительном щитке со счётчиками на лестничной площадке, стоят, скорее всего, два предохранителя — электромагнитный для быстрого отключения при больших перегрузках и термометаллический — для отключения при небольших перегрузках и без особой спешки. Этот последний представляет собой пластинку из двух металлов, которая при нагреве слишкоменным током изгибаётся и разрывает контакт.

Раньше во всех квартирах обходились просто расплавляемыми при перегрузке проволочками, плавкими предохранителями, которые называли пробками. Применялись подобные и в технике — только расчетанные на большие значения тока. Некоторые граждане заменили пробки «жучками» — кусочками проволоки. Что часто приводило к пожарам, а иногда — к срабатыванию следующих предохранителей, которые отключали уже весь подъезд. В 1960-х годах появились так называемые автоматические пробки. При коротком замыкании или слишком большой мощности одновременно включённых электроприборов из этого устройства выскакивает большая кнопка, которую надо вдавить обратно, устранив причину срабатывания. Но менять уже ничего не приходится. Такие пробки часто используют и сейчас.

Плавкими предохранителями защищали и бытовую радиоаппаратуру. Именно такие предохранители показаны на фотографии справа вверху на с. 108. Причём это эпоха, когда в СССР существовали бытовые сети и 127 В, и 220 В, отсюда разные цифры

на наших образцах. Нередко в одном городе часть домов имела в розетках и патронах для ламп 127 В, другая — 220. В магазинах электротоваров в таких городах продавались лампочки на оба напряжения, а также трансформаторы для тех электроприборов, которые не имели на задней стенке переключателя на другой вольтаж. Переключение иногда осуществлялось установкой предохранителя в два разных положения, при этом напряжение подавалось через эту нежную, еле заметную проволочку (предохранитель) на разные участки обмотки трансформатора (переключатель).

Плавкие предохранители бывали и другой конструкции — проволочка проходила по оси стеклянного цилиндра, на концах которого имелись контакты. Сейчас выпускают, впрочем, предохранители и не в картоне, и не в стекле, а в пластике и в керамике. У каждого решения есть свои преимущества и недостатки, своя область применения, и рассказывать об этой якобы простой вещи можно если и не бесконечно, то час или два — точно.

Раз уж мы заговорили об электричестве, то вот ещё кое-что на близкую тему. Объект, показанный на двух фотографиях в сложенном и раскрытом виде, считать загадочным никак нельзя. Очевидно, что это древняя зарядка, два гнезда — под два аккумулятора, ну и втыкаем её в сеть. Всё правильно, но учтите следующее.

В большинстве случаев то кругленькое, с чем вы имеете дело в ваших портативных электронных устройствах, не аккумуляторы, а батарейки, для зарядки они не предназначены. При попытке их зарядить, в зависимости от того, как именно устроены зарядка и сама батарейка, последствия могут быть от минимальных — не зарядится, до максимальных — и не зарядится, и взорвётся.

Но даже если это не просто батарейка, а аккумулятор, то не факт, что он зарядится. Потому что зарядка эта древняя, в СССР тогда этого размера были только кадмий-никелевые аккумуляторы Д-0,06 с рабочим напряжением около 1,2 В и ёмкостью 60 мА·ч. Аккумуляторы, которые сейчас реально где-то найти, могут оказаться примерно на такое же напряжение, но бывают и литиевые — на напряжение втрое большее. Захочет ли зарядка их заряжать — зависит от её устройства. Если она самая примитивная — диод и гасящее сопротивление (при малой мощности это возможно), то захочет. Правда, у современных аккумуляторов ёмкость побольше, тока заряда

мы не знаем, сколько времени заряжать — не знаем (если не сохранили прилагаемый к ним паспорт), а некоторые литиевые аккумуляторы к пепрезаряду относятся крайне болезненно. Могут тихо выйти из строя, а могут и с треском.

**Леонид АШКИНАЗИ,
Наталия СЬЯНОВА.**

Если дома среди старых вещей или на улице вам встретится загадочный объект, сфотографируйте его и пришлите снимок. Наши эксперты постараются рассказать о назначении объекта и привести его название. Или же это сделает кто-то из читателей, увидев присланые вами фото в журнале.



Иллюстрация Майи Медведевой

В КЛИНИКЕ ДОМАШНИХ ПИТОМЦЕВ

Елена ВОРОН.

Какого только зверя тут не было! Красный волк с Шебы, очаровательные лисички с Ярославы, ядовитый пёстрый ящер с Виктории, енот-хохотун с Доминики и даже два фазана с Земли. А ещё водяные змеи, которые плавали в слишком тесном для них прозрачном жбане и без конца высовывали из воды рогатые головы, хищно оглядывая нас всех и как будто примериваясь к лёгкой добыче.

Ещё было полно тварей, которых я не знал, — очевидно, из каких-то очень дальних миров. Мохнатые, чешуйчатые, пернатые, покрытые чем-то, чему на нашем человеческом языке не было названия.

У стен располагались их владельцы. Я ещё не решил окончательно, как их именовать. Левретцы? Левретчане? Мы назвали планету Левреткой, когда разобрались, насколько сильна у аборигенов страсть к домашним питомцам, и вспомнили про любовь древних земных королей к знаменитым карликовым борзым.

Обитатели Левретки — крупные, в два моих роста, бронзовокожие, в сплошных складках, которые заменяют им одежду, с мощными лапами и туповатым выражением на мордах. Головы у них, как у ящеров.

Бронзовые складчатые туши покоились на полу, верхней частью опираясь о стены. Стены в ветеринарной клинике белые, каменные; пол тоже каменный, но тёплый; потолки высокие, сводчатые, с оконцами. В эти оконца виднелось прозрачное небо и вливался ясный солнечный свет.

Насколько я понимал, меня окружали пиратские тёщи, мамы и бабушки. Они притащили в клинику питомцев, которых захватили шныряющие по галактикам сыновья с зятями и внуками. Питомца ведь не возьмёшь домой прямо так, без осмотра. Мало ли чего там мужчины в космосе хапнули. Добычу надо показать специалисту, чтобы тот осмотрел и дал хороший совет: как ухаживать, чем кормить, как

держать — в клетке или можно свободно пустить по дому.

Пиратский корабль с Левретки — сущая напасть. Молниеносный бросок, захват — и корабль растворяется бесследно. Саму Левретку — пиратское гнездо — не могли обнаружить несколько лет. Нашей разведгруппе повезло, что мы натолкнулись на их космическую базу, а затем тайком просочились на планету.

Вход в кабинет ветеринара был затянут плотной мембраной из шкуры клементийской жабы. Посетители прорывались сквозь пузырчатую, скользкую даже на вид мембрану, втаскивали своих питомцев, и дыра мигом затягивалась.

Доктор в клинике работал знающий, рекомендации давал правильные — так я понял из ленивых реплик, которыми бабульки нет-нет да обменивались. Мой лингводешифратор тянул еле-еле, но суть бесед улавливала. Нет, дешифратор не барахлил. Просто я только-только начал работать, и переводчик пока ещё знал мало слов. Я — лингвист нашей группы. А также — запасной пилот и помощник ксенобиолога.

Вот мембрана выгнулась, натянулась, порвалась с тихим треском, и из кабинета выбралась бабулька с охапкой александрийских вертишееек. Полосатые зверьки тревожно пищали. Бабулька не пошла с ними домой, а направилась во второй кабинет, куда при мне ещё никто не входил.

Со всех сторон послышалось бормотанье и квохтанье — левретская речь.

— Чего не понравилось? — перевёл дешифратор.

Бабулька с вертишнейками что-то буркнула в ответ, но дешифратор смолчал, не разобравшись.

Бронзовые туши зашевелились, заколыхались толстые складки, мутные взгляды прояснились. Зверьё забеспокоилось: красный волк зарычал, лисички ощетинились, водяные змеи нырнули на дно жбана. Бубнёж и квохтанье поднялись до невыносимого гвалта — и неожиданно стихли.

— Жалко, — подвёл итог переводчик.

Бабулька с притиснутыми к брюху вертишнейками налегла на мембрану, прорвалась внутрь таинственной комнаты. Края разрывая сомкнулись, и слабые крики о помощи смолкли.

Помочь я ничем не мог.

— Жалко, жалко, — бубнил переводчик.

Левретчанки колыхались, скорбно вздыхая.

Я не знал, работает ли моя передающая камера. Аварийный маячок точно вышел из строя, но если ещё и камера сдохла, то, боюсь, ребята меня потеряли.

Над краем стоявшей по соседству корзины поднялись бледно-рыжие уши, затем выгляднули зелёные кошачьи глаза. Я голову был готов прозакладывать — совершенно земной мурлыке.

— Кис-кис-кис, — шепнул я беззвучно.

— Мур, — чётко отозвался котейка.

Его хозяйка поёрзала, удобней устраиваясь, опустила голову на складчатую грудь. Задремала.

Подошла очередь левретчанки — владелицы ядовитого пёстрого ящера, который до этого спал, свернувшись клубком. Обхватив лапами здоровенную клетку, пиратская бабуля с натугой оторвала её от пола и побрала, покачиваясь, к главной двери. Клетку она держала неловко, с наклоном; вот-вот уронит. Ядовитая тварь пробудилась. Ящер развернулся из клубка во всю длину, заскрёб когтистыми лапами, нервно забил хвостом, и стало непонятно, как эдакая громада умещается в клетке. Пленник, видимо, тоже не мог взять в толк, где он и как тут очутился. И на всякий случай с громким шипением плонул.

Капли жёлтой слюны щедро усеяли пол, попали на стены и на бабулек с питомцами. Я задержал дыхание. Левретчанкам хоть бы хны, а у меня сознание поплыёт. Я не дышал, сколько мог, но потом всё же пришлось вдохнуть. Уtkнулся лицом в рукав, да толку никакого. Сквозь ткань защитного костюма не подышишь.

Костюм планеторазведчика — вещь сложная и эффективная. Он идеален для маскировки, позволяет несколько часов находиться в агрессивной среде, вроде кислотного озера, снабжён комплектом автономных воздушных фильтров. Сказка, а не костюм. Когда целый.

Мой же был разорван от горла до паха; шлем болтается; воздушные фильтры потеряны, комплект первой помощи погиб, маскировка отсутствует, руки в перчатках стали неловкими. Жалкое зрелище. →

Рыжий котейка снова выглянула из корзины. Следом поднялась голая лапа и стукнула его по ушам: не высовывайся. Котейка послушно убрался; я искренне пожалел бедолагу.

Всё, надышался ядом пёстрого ящера. Пиратские бабульки раздвоились, очередь показалась огромной. Водяные змеи превратились в безобидных червяков, неизвестные тварюшки из дальних миров закружились и поплыли хороводом.

«Я — Мур, — послышалось сквозь вату в голове. — Рыжий и умный. А ты кто?»

«Я — Серый, младший в разведгруппе», — подумал я в ответ.

— Жалко, жалко, — опять забормотал дешифратор.

Сделав усилие, я постарался сосредоточиться. Глаза ещё видели несуразное, однако в мозгах прояснялось. Я остро пожалел ребят. Если они меня потеряли, группу расформируют к чертам; в разведке так принято. Ребята этот позор не заслужили...

Из таинственной комнаты, прорвав мембрану, вывалилась левретчанка. Одна — без вертишеек. В приёмной опять заквохтали, качая головами, колыхаясь складчатыми тушами. Бабулька поплела к выходу, не громко причитая.

— Хорошая добыча, — сообщил переводчик. — Зачем отобрали?

Из кабинета врача явился пёстрый ящер. Он прорвал мордой мембрану и по-хозяйски вышел, ведя за собой на шлейке левретчанку. Предполагалось, что это она его ведёт, но ящер очевидно считал иначе.

Тряся складками, пиратская бабулька торопилась за своим питомцем под одобрительные взглазы.

— Отличный парень, — выразил общее мнение дешифратор.

Наконец и до нас дошла очередь. Мощные лапы ухватили меня за пояс, поставили на ноги, повлекли к кабинету. Владелица рыжего котейки сонно взглянула и задремала вновь. Мур поднялся, опираясь о край корзины передними лапами в белых носочках.

Настоящий кот с Земли. Земной брахишка.

Была не была. Когда мы проходили мимо, я нагнулся, ухватил кота — пальцы в перчатке убитого костюма едва двигались — и укрыл Муру под лохмотьями.

Мной прорвали мембрану на входе. Я как мог отворачивал голову, чтобы пузырчатая скользкая шкура не коснулась лица. Мембрана лопнула, и мы ввалились в кабинет.

Вот же чёрт... Ветеринаром оказался не левретец, как я ожидал, а разумный кактус с Арабеллы. (Он, конечно, не кактус, а гуманоид, однако жёсткие выросты на коже напоминают шипы.) Арабелляне — наши галактические враги и на дух землян не переносят.

Меня положили на тюфяк. Недоразумение, а не разведчик: защитный костюм растерзан, волосы слиплись в жёсткую корку, лица под засохшей кровью не разглядеть. Молоденькая помощница ветеринара — стройнее других, и складочки на теле мелкие, изящные — взялась протирать мне лицо влажной и нестерпимо вонючей шкуркой. Котейка затаился под костюмом.

Разумный кактус что-то промычал.

— Как давно он у вас и откуда? — перевёл дешифратор.

— Утром детишки принесли, — сообщила в ответ моя хозяйка. — Где-то подобрали, поиграли и вот — притащили домой.

Не повезло. Понятия не имею, как пацанье меня обнаружило. Может, у отца спёрили противошпионский сканер? Словом, детки распознали мою маскировку и так натешились — ума не приложу, как жив остался. Стандартный парализатор против левретцев бесполезен, а другого оружия разведчику-лингвисту не полагается.

— Выживет? — осведомилась моя левретчанка.

— Нет, — объявил кактус.

Почему вдруг — нет? Он же на меня едва взглянул. Конечно, рёбра у меня переломаны, внутреннее кровотечение — несомненно. Но при нынешнем уровне космической медицины это вылечить не сложнее, чем когда-то было занозу вытащить. А кактус — знаток инопланетных тварей. Я так надеялся договориться!

Моя левретчанка заквохтала огорчённо, и лингводешифратор сообщил:

— Жалко.

Арабеллянин замычал в ответ.

— Не жалеть. Он человек, — чеканил фразы дешифратор. — Опасен. Ловок. Хитёр. Убьёт детей.

Вот лживый гад!

Кактус мычал.

— Разведчик. Шпион, — добросовестно переводил дешифратор. — Нельзя, чтоб выжил. Надо усыпить.

Усыпить?! Ох, зря я украл кота...

Моя левретчанка пыталась возражать, за- бормотала про выкуп. Ветеринар не слушал, припечатал жёстко:

— Усыпить. Идите.

Двинулись. Мной снова разорвали мем- брану; с внутренней стороны она оказалась сухая и тёплая. Когда мы вывалились в приёмную, разом вскользнулись бабульки, недобро насторожилось зверьё.

— Человек, человек, — квохтали пират- ские тёщи и бабушки.

— Ну его к чёрту, не жалко, — твердил мой дешифратор. Переводил, как умел.

Никому человека не жалко. Одни фазаны глядели с сочувствием, да ещё пара каких-то зверьков.

Ноги заплетались, я ослаб от потери кро- ви, но старался идти сам. Аnestетик я успел себе вколоть, когда детишки принялись мной забавляться, и стимулятор — непол- ную ампулу. Потом детки просто-напросто вырвали карман с аптечкой, а что было после, даже вспоминать не хочу.

Мембрана — вход во вторую комнату. Упругая, крепкая. Самому бы не разорвать, однако мою бабульку силушкой бог не оби- дел. Вошли.

Здесь царил полуумрак, тесно стояли ящики с прозрачными крышками. В двух я рассмотрел неподвижные тушки забрако- ванных ветеринаром существ. А вот и зна- комые вертишечки; полосатые симпатяги ещё шевелились.

В глубине тёмной комнаты чернел вто- рой выход. Уж не знаю, чьей шкурой он был завешен, но шкура колыхалась, как живая.

Левретчанка выпустила меня из лап и с кряхтением взялась за крышку одного из ящиков. Самообслуживание? Ненужных питомцев умертвляют собственные вла- дельцы?

Я повалился на ящик с вертишечками. Действие стимулятора кончалось, ноги от- казывали, кружилась голова, ещё несколько минут — и я буду ни на что не годен.

Могучие лапы моей левретчанки ока- зались неловкими, тугая крышка не под- давалась. Из этого гроба не выберешься. Бабулька пустит газ — и все дела, там и уснёшь.

— Погоди, мать, — сказал я, и дешиф- ратор заквохтал по-левретчански. — Ты можешь получить хороший выкуп.

Она живо ко мне повернулась, тряхнув богатыми складками; они отчётиливо шлёп- нули друг о другу.

— Что дашь?

— Друзья дадут за меня выкуп, — про- говорил я внятно, чтобы переводчик донёс смысл без ошибки.

Она покровительственно постучала лапицей по моей раненой голове. Я едва удержался на ящике.

— Ты дашь. Здесь и сейчас. Не дашь — усыплю.

Чем прельстить пиратскую бабульку? Левретские корабли бесчинствуют давно и грабят всех, кто попадётся. Здесь каждый дом — полная чаша.

— Отдам дешифратор. Ты сможешь бесе- довать с любым разумным... — я поправил- ся: — с любым питомцем.

— Глупая игрушка. Не нужна, — отка- лась она и открыла-таки назначенный мне ящик. — Другое что дашь?

Из «другого» у меня был один рыжий кот. Борясь с дурнотой, я потянул его из-под костюма. Котейка упирался, не желал лезть наружу.

— Давай, братишко, — шепнул я без- звучно, чтобы дешифратор не расквохтал- ся. — Не дрейфь.

Я вынул кота, надеясь, что левретчанка занята приготовлениями и на меня не гля- дит. Перед глазами покачивалась-плыла её неохватная туша; я уже толком ничего не различал.

Медленно, чтобы не привлечь внимания бабули, я опустил кота между ящи- ков. Беги, земной братишко, спасайся из плена. Ты маленький, проскочишь незаметно. Он моментально исчез — ни мурр, ни мяу.

— Ничего нет? — недовольно бормотнула пиратская бабушка. Я не вру: даже мой де- шифратор сумел передать её досаду. — Тог- да пойдём спать.

Я опрокинулся набок и скользнул в щель между ящиком вертишечек и соседним, по- полз прочь. Пусть я сдохну здесь, причём скоро, — но сдохну сам по себе, а не от ядовитого газа или чем там они усыпляют своих любимцев.

— Гадёныш! — вскричала моя леврет- чанка. →

Мне была видна её мощная задняя лапа. Толстые пальцы поджимались и снова распрымлялись, скребли пол тупыми когтями. Я видел их смутно.

— Гадёныш, человек, обманщик! — ругалась бабулька.

Огромная туши нависла над ящиками, левретчанка попыталась извлечь меня из щели, да не тут-то было. Не с её брюхом так низко склоняться, чтобы достать что-то мелкое с пола.

Я протиснулся дальше. Всё; здесь и умру. Через пару минут потеряю сознание, а там хоть трава не расти.

Чёрная шкура, закрывавшая второй выход, взметнулась. Её нижний край взлетел вверх — и снова повис, шевелясь, как живой. В комнату ворвалась пустота. Совершенная, абсолютная, заставляющая сторониться и даже не думать, что в ней, в пустоте, такое находится. Планеторазведчик в защитном костюме под маскировкой!

И с психоизлучателем, который разведчик пустил в ход. Под действием гипноимпульса моя левретчанка застыла на миг, словно пытаясь вспомнить, зачем она тут и что ей здесь нужно. Затем повернулась и побрела к выходу, приговаривая:

— Такой ценный питомец — выкуп можно бы получить. За человека бы дали, не пожадничали. Жаль, господин врач не позволил...

Психоизлучатель в нашей разведгруппе есть только у Медведя — Михаила Михайлова. Значит, он за мной и явился — наш старший боец, заместитель командира группы по безопасности.

Я зашебуршился в щели. Абсолютная пустота — маскировочное поле защитного костюма — затопила с ног до головы. Медведь проверил меня диагностером и вколол стимулятор. Выдохнул:

— Жить будешь, — и подобрал меня с пола. Руки у него не такие могучие, как лапы у левретчанки, однако он справился без труда и двинулся к чёрному ходу.

— Погоди, — шепнул я чуть слышно, чтобы дешифратор смолчал. — У меня тут кот... и вертишнейки.

— Серый, ты спятил? — Медведь от изумления остановился.

— Надо взять. Мур, где ты?

Спасибо стимулятору: в глазах прояснилось, и я увидел, как рыжий кот вспрыгнул

на крышку газовой камеры с вертишнейками. Казалось, сам я завис в воздухе, однако это Медведь был одет в исправный защитный костюм, и с маскировкой у него был порядок.

— Миш, берём всех, — прошепстал я.

— Рехнулся, — сердито прошипел он в ответ.

Мембрана, закрывающая вход из приёмной врача, выгнулась, натянулась и порвалась. К нам ввалилась пиратская тёща с фазанами. Чем несчастные птицы не угодили ветеринару? Увидев меня, висящего в пустоте без опоры, левретчанка кхекнула; её здоровенная голова мотнулась высоко над нами.

— <...>! — выдал дешифратор.

Медведь полоснул «тёщу» гипноимпульсом. Она замерла, а фазаны, наоборот, оживились, заелозили в своей клетке.

— Миша! — взмолился я. — Забираем.

— Ты с ума своротил! — Он совсем рассердился, однако поставил меня на пол. — Держись.

Я кое-как устоял. Медведь отнял у левретчанки клетку с фазанами, выгреб из ящика засыпающих вертишнеек и сунул зверьков мне за пазуху, где раньше я держал Муру, а умный котейка сам вспрыгнул ему на загривок и там укрепился.

Так мы и выбрались из клиники: я с вертишнейками на животе, следом — клетка и плывущий по воздуху кот. Наш глейдер — тоже под маскировкой, невидимый глазу, — стоял вплотную к чёрному ходу, и мы сразу нырнули в салон.

— Серого забрали, — доложил командиру Лёша Гладких, старший пилот, поднимая глейдер. — Жив, но состояние не ахти.

Я неловко повалился куда-то вперёд, уж не видя, куда, лишь стараясь уберечь вертишнеек. А котейка спрыгнул у Медведя с загривка, устроился на сиденье, приосанился и с важностью произнёс:

— Господа, поверьте: отношение к младшим братьям вам зачтётся на Страшном суде.

Мы втроём его слышали. И дешифратор, как положено, вёл запись разговоров. Но всё равно нам никто не поверил, что Мур такое изрёк.

Он с той поры по-человечески не говорит, только мяу да мурр. Однако летает с нами повсюду и приносит удачу.



ДОСКА ЭЙНШТЕЙНА

Посетив в мае 1931 года Оксфордский университет в Англии, Альберт Эйнштейн прочитал для студентов и преподавателей три лекции — по теории относительности, по космологии и по единой теории поля. Две доски, на которых во время второй лекции он сопровождал свои объяснения формулами и уравнениями, сотрудники сохранили для университетского Музея естественной истории. Но с одной из этих двух произошла катастрофа: старательная музейная уборщица стёрла с неё все меловые надписи, не зная, что ценность экспоната именно в них! Другая доска, показанная на снимке, хран-

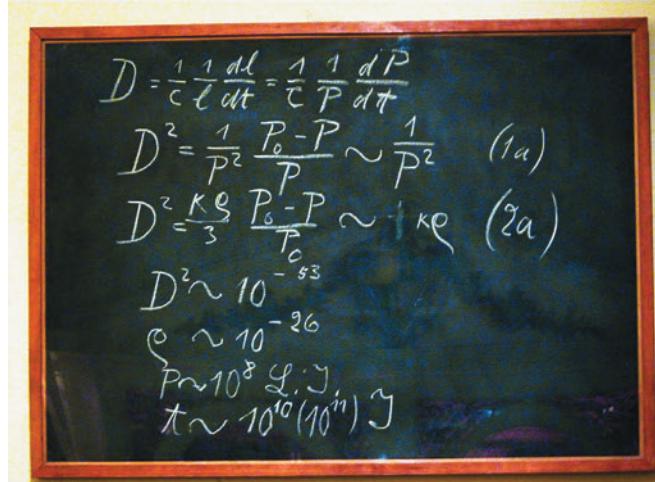


Фото: dec11type/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

нится со всяческими предсторожностями.

Лекция была основана на статье о происхождении Вселенной, которую Эйнштейн опубликовал незадолго до визита в Англию в Трудах Прусской королевской академии наук. Любопытно, что в 1945 году великий физик обнаружил ошибку в своих расчётах

в той давней публикации и, соответственно, на доске, и выпустил статью с поправками: он неверно пересчитал мегапарсеки в сантиметры.

В то посещение Англии Эйнштейн прочёл лекцию и в университете Ноттингема, и там его доска хранится в архиве.



ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ДОСУГИ

(См. «Наука и жизнь» № 12, 2021 г., с. 109.)

ВОЗРАСТ РОДСТВЕННИКОВ

Мальчику 5 лет, отцу 35 лет, деду 60 лет.

ЧИСЛА В КЛЕТКАХ

Заполнение фигуры следует начать с центральной клетки. Её окружают 8 соседних клеток. Если для её заполнения выбрать некоторое число, то в эти клетки нельзя ставить предыдущее и следующее за ним числа. Например, если мы выберем число 3, то не можем использовать 2 и 4. Тогда для заполнения этих 8 клеток у нас останется всего 7 чисел, и

задача не решается. Таким образом, в центре должно стоять либо 1 (нельзя использовать только 2), либо 10 (нельзя использовать только 9). Если выбрано 1, то в верхней клетке может располагаться только 2, а если 10, то 9. После этого можно подобрать расположение остальных чисел.

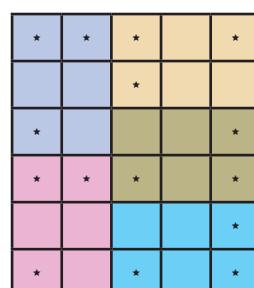
Возможные решения:

9		
4	2	7
6	10	5
1	3	8

2		
4	9	7
6	1	5
10	3	8

ПРЯМОУГОЛЬНИК СО ЗВЁЗДОЧКАМИ

Поскольку на рисунке 15 звёздочек, то в каждой части должно быть по 3 звёздочки.





Миниатюрные наушники-вкладыши всем хороши, но обычно служат недолго. Из таких потрёпанных жизнью наушников можно добыть кольцевые ферритовые магнитики и использовать их в качестве указателей на настенном календаре. Один с лицевой стороны календаря, второй — с обратной стороны. Первый передвинете утром на новое число, и второй последует за ним на обороте листа, так что ваша пометка будет держаться.



Дополнительно служить маркировкой — предположим, красными обозначим провода от компьютера, а синими — от телефонов. Спиральки продаются двух диаметров, маленькие отлично подходят даже для очень тонких проводов.

Навесной замок типа «краб» надежен, прочен и удобен в обращении, но он не имеет дужки. Поэтому, открыв дверь гаража или сарай с таким замком, вы не сможете повесить его на замочную петлю, как делают с обычными замками, а класть на землю не стоит — в механизм может попасть песок, зимой или в слякоть — снег или вода, что явно не пойдёт замку на пользу. Прикрепите к кольцу рабочей части замка проволоку, изогнутую в виде крючка, и повесьте в замочную петлю, как показано на снимке.



Отрезок металло-пластиковой трубы, оставшийся после прокладки водопровода на даче, можно использовать в дачном душе. Сделайте из него направляющую для занавески. Трубу легко изогнуть по форме вашего душевого поддона.



Современный клей быстро схватывает и крепко держит, но иногда это свойство превращается в недостаток. Чтобы колпачок тюбика с универсальным kleem не приклеился навсегда к резьбе носика, слегка смажьте её вазелином или машинным маслом.

Советами поделились: С. ВЕЛИЧКИН и Ю. РЯЗАНЦЕВ (Москва), А. ГРОШЕВ (пос. Сапожок Рязанской обл.), Д. МАЛИНОВСКИЙ (С.-Петербург) и Е. ЛЫТКИН (г. Харьков, Украина).

НАУКА И ЖИЗНЬ
ПЕРЕПИСКА С ЧИТАТЕЛЯМИ

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

ОТВЕТЫ НА КРОССВОРД С ФРАГМЕНТАМИ (№ 12, 2021 г.)

По горизонтали. 5. Врубель (Михаил Александрович, 1856—1910, русский художник; приведена картина «Снегурочка», 1890-е годы). 6. Берлиоз (Гектор, 1803—1869, французский композитор и дирижёр; перечислены некоторые произведения Г. Берлиоза). 8. Маргарита (персонаж романа М. А. Булгакова «Мастер и Маргарита»; приведён отрывок из романа). 11. Сиена (итальянский город в Тоскане, исторический центр которого находится под охраной ЮНЕСКО; на фото: главная площадь Сиены — Пьяцца дель Кампо). 14. Шатун (медведь, не ушедший в зимнюю спячку и продолжающий бродить по лесу в поисках пищи; приведена картина В. Л. Муравьёва «Медведь на фоне зимнего пейзажа», 1907 г.). 15. Эволюта (эволюта плоской кривой — геометрическое место точек, являющихся центрами кривизны кривой; приведена эволюта эллипса). 16. Снаряд (средство поражения живой силы, материальной части и укреплений противника, выпускаемое из артиллерийского или иного боевого орудия). 17. Тандем (расположение однородных машин или их частей в одном агрегате друг за другом; на фото: восьмиместный велосипед из коллекции Немецкого транспортного центра, Мюнхен). 20. Комедия (художественное произведение с юмористическим сюжетом; приведён отрывок из комедии Д. И. Фонвизина «Бригадир»). 22. Акция (эмиссионная ценная бумага; приведено английское написание слова). 23. Холмс (главный герой детективных рассказов английского писателя А. К. Дойла; приведён отрывок из повести «Этюд в багровых тонах» в переводе Н. К. Тренёвой). 26. Пермандюр (прецизионный сплав железа с кобальтом, легированный ванадием; применяется в изготовлении наконечников электромагнитов и других устройствах). 27. Рубикон (река

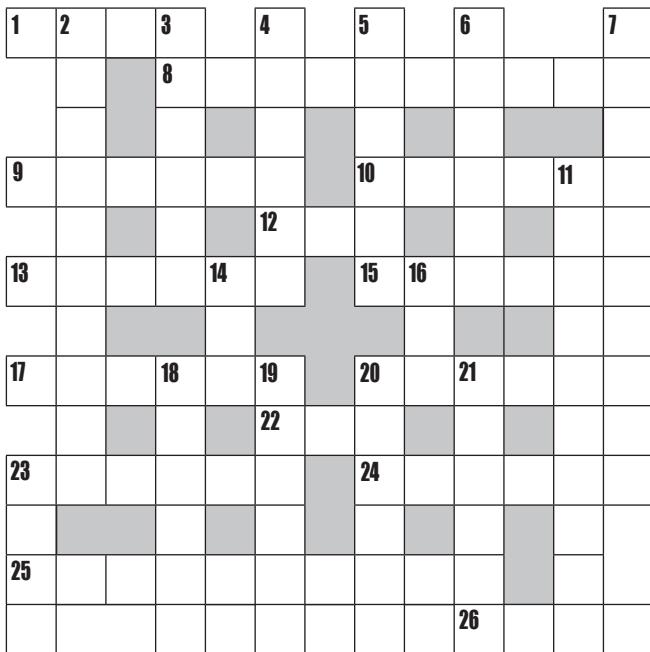
на Апеннинском полуострове, служившая когда-то границей между Италией и римской провинцией Цизальпийская Галлия; в 49 г. до н. э. Цезарь из Галлии перешёл с войском Рубикон, тем самым нарушив закон, и начал гражданскую войну; приведён бюст Юлия Цезаря у реки Рубикон). 28. Сверчок (насекомое из отряда прямокрылых; приведён отрывок из стихотворения Дж. Китса «Кузнец и сверчок» в переводе С. Я. Маршака).

По вертикали. 1. Бражник (гуляка, весельчак, пьяница; приведён отрывок из древнерусского варианта «Повести о бражнике како вниде в раи»). 2. Алтай (субъект Российской Федерации; приведён герб Республики Алтай). 3. Лепта (монета в Древней Греции, а также денежная единица современной Греции до перехода на евро в 2002 году; на фото: монета 1971 года номиналом 10 лепт). 4. Коcинус (одна из тригонометрических функций; на чертеже коcинус острого угла прямоугольного треугольника: отношение прилежащего катета b к гипotenузе c). 7. Табель (список чего-нибудь в систематическом или последовательном порядке; на фото: страница введенного Петром I Табеля о рангах всех чинов, воинских, статских и придворных, 1722 г.). 9. Антиномия (противоречие между двумя суждениями, одинаково логически доказуемыми; приведён вариант парадокса Б. Рассела «Деревенский парикмахер»). 10. Магнетрон (электровакуумный СВЧ-прибор,

генерирующий микроволны при взаимодействии потока электронов с магнитным полем; на фото: магнетрон микроволновой печи). 12. Гваякол (органическое вещество класса фенолов с сильным «дымяным» запахом; приведена химическая формула). 13. Стланик (низкорослый, стелиющийся по земле кустарник или кустарниковое дерево, растущие преимущественно в горных местностях и в тундре; на фото: кедровый стланик). 18. Кеплер (Иоганн, 1571—1630, немецкий математик, астроном, механик, оптик, первооткрыватель законов движения планет Солнечной системы; приведена иллюстрация «Кубок Кеплера»: модель Солнечной системы из пяти платоновых тел). 19. Акведук (гидротехническое сооружение, известное с древних времён как водовод для подачи воды к населённым пунктам из вышерасположенных источников; на фото: древнеримский акведук Пон-дю-Гар близ Ремуэна, Франция). 21. Эмерсон (Ральф Уолдо, 1803—1882, американский эссеист, поэт, философ; приведён отрывок из эссе Р. У. Эмерсона «Природа» в переводе А. Чеха). 24. Девол (Джордж, 1912—2011, американский изобретатель-робототехник, создатель Unimate — первого промышленного робота). 25. Нюйва (в китайском пантеоне — богиня сватовства и брака в облике полуженницы-полузмеи, создательница человечества, избавительница мира от потопа; приведён отрывок из книги Ю. Кэ «Мифы Древнего Китая» в переводе Е. Лубо-Лесниченко, Е. Пузицкого и В. Сорокина).

Первыми правильные ответы на все вопросы кроссворда из № 12, 2021 г. прислали 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14 декабря 2021 г. по электронной почте читатели Р. Р. Набиуллин из Уфы, Н. М. Черных из Краснодара, И. В. Егоров из Лиепая (Латвия), С. Г. Филатова и А. С. Колчин из Екатеринбурга, И. В. Чурдалёв и Е. Б. Мишутина из Нижнего Новгорода, Т. Б. Виссонова из Нелидово Тверской обл., С. А. и Т. А. Савельевы, Н. Ю. Петренко и Е. В. Аскунтович, Т. Т. Дзицдзигури, Н. В. и О. П. Васенины, С. К. Копейка, А. Ю. Орлов из Москвы, Ю. В. Попов из Воронежа, Н. Д. и Н. Г. Нургалиевы из Казани.

КРОССВОРД С ФРАГМЕНТАМИ



ПО ГОРИЗОНТАЛИ

1. (Имя балерины.)



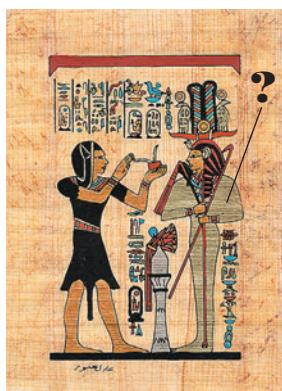
8. «Огромное море, раскинувшееся перед Азией и отстранённое от Европы узким херсонесским берегом, через узкий коридор прорывается между массивами суши... и отделяет Европу от Азии... проливом шириной всего в семь стадиев. Начало этого коридора называют <?>. Через него персидский царь Ксеркс соорудил мост из связанных друг с другом кораблей и перевёл войско. Затем следует узкий

эврип длиной 86 миль до города Приапа на азиатском берегу, в том месте, где переправился [через <?>] Александр Великий».

9.



10.



12.

Снег да снежные узоры,
В поле вьюга,
разговоры,
В пять часов уж тьма.
День — коньки,
снежки, салазки,
Вечер — бабушкины
сказки,—
Вот она — зима!..

(Автор.)

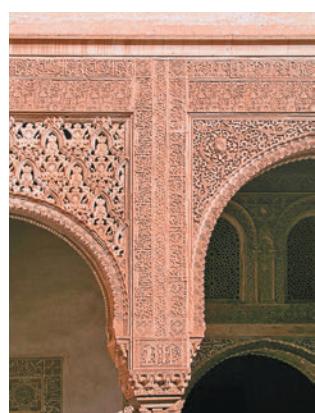
13.



15.



17. (Название материала для декора.)



20.



22.



3. $Mg_3H_2(SiO_3)_4$.

4. (Название кирпича.)



11. Investment.

14. (Путешественник-исследователь.)

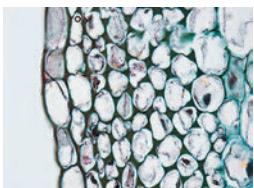


23.



24. «Возникновение жизни на Земле» (1941), «Жизнь, её природа, происхождение и развитие» (1968) (учёный).

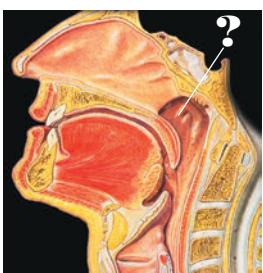
25.



26. «Идите по ней всё прямо. Как дойдёте до дубовой колоды, повернёте налево. Так прямо, всё лесом, лесом и идите. Тут сейчас вам и будет Ириновский <?>».

ПО ВЕРТИКАЛИ

2.

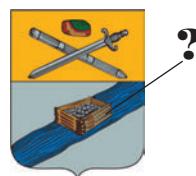


6.



7. «Извсех друзей д'Артаньяна <?> был самым старшим, а потому должен был быть наименее близким ему по своим вкусам и склонностям. И тем не менее Д'Артаньян отдавал ему явное предпочтение перед остальными».

16.



18. (Тип поселения.)



19. «Кончилась наконец <?>, и наш протоиерей, отец Павел, вышел сказать торжественную проповедь».

20. «Услыша от них о гвардейском офицере, Пугачёв тут же переменил лошадь и, взяв в руки <?>, сам с четырьмя казаками поскакал за ним в погоню».

21. Сектст-мажор, кварт-мажор, терц-мажор, афрошировать, сделать сюркуп (название игры).

23.



Недавно узнал об интересных фамилиях в своём роду, не могли бы вы подсказать, что они означают? Стефан Николаевич Елевзинов служил пономарём в церкви села Юкачи Мамадышского уезда Казанской губернии с 1813 года. Фамилию узнал из книги «Историко-статистическое описание церквей и приходов Казанской епархии 1914 г.». Отец Стефана — Николай Симонович — служил дьячком в церкви села Урязь-Учи, а отец Николая Симон Иванович (оба подписывались без фамилии) был священником в Урязь-Учи во второй половине XVIII века (это тоже Мамадышского уезда село). Поиск в интернете не дал ни одного совпадения с такой фамилией. Интересно, как она образовалась.

Другой предок мой — Эпимахов Никифор Петрович (в ранних записях он записан Епимахов) родился в семье дьячка Петра Кондратьевича в 1790 году в селе Чура Мамадышского уезда; с 1812 года, после окончания Казанской академии, служил дьяконом в церкви села Уревы Челны Лашевского уезда (из клировой ведомости указанного села). А вот его сын — Матвей Никифорович в той же ведомости записан: «Матвей Некрасов, обучается в казанской семинарии». Я так понимаю, Матвею записали фамилию в семинарии. А про фамилию Эпимахов (Никифор до самой смерти подписывался с этой фамилией в метрических книгах) интересно было бы узнать.

Дмитрий Валентинович
Степанов, г. Самара

ЕЛЕВЗИНОВ

Фамилия Елевзинов действительно была присвоена вашему предку в период его обучения в духовной семинарии. Она образована от названия города-порта, которое сегодня обычно передаётся в русском языке как Элефсис. В прошлые же века оно имело иное звучание, которое в русском языке передавали как Элефсин или — реже — Элевзин. Этот город расположен на берегу крупнейшего в Эгейском море Саронического (Афинского) залива в 20 километрах к северо-западу от Афин.

В духовных семинариях в XVIII—XIX веках часто давали фамилии, восходящие к названиям различных стран, местностей и городов. Сама традиция присваивать фамилии, которые просто придумывались администрацией учебного заведения (поэтому такие фамилии называют ещё и искусственными), возникла из-за того, что к этому времени фамилии уже вполне утвердились в другом сословии — дворянстве. При этом духовенство, игравшее столь важную роль в жизни России и православных народов, по-прежнему оставалось бесфамильным, что не вполне соответствовало его высокому статусу. Стремясь устраниТЬ это упущение, церковное руководство решило организовать этот процесс так, чтобы фамилии будущих священнослужителей заметно выделялись из общей массы русских и в целом российских фамилий, звучали необычно и благородно.

К решению этой задачи подошли творчески. Фамилии не стали, как обычно,

образовывать от имён отцов семинаристов, а сочли нужным их придумывать. Так, например, часто фамилии образовывали от названия селений, из которых приезжали для учёбы семинаристы: Дольский (от селений с названием Долы), Лужков (от деревни Лужки), Приклонский (от деревни Приконы) и т. д. Нередко прибегали и к названиям, не имевшим никакого отношения к былому месту жительства учеников семинарий: Флорентинский, Каталонский, Провансов, Монбланов, Копенгагинов, Кандагаров и даже Перуанский. Такие фамилии просто подчёркивали вселенский характер православия и, конечно, звучали красиво и загадочно. Разумеется, среди них было немало фамилий, напоминающих о географических названиях, важных для истории православия: Византийский, Голгофский, Иерусалимов, Сионов, Фаворский и т. д.

Более того, встречались фамилии, напоминающие об античной истории и даже о языческих культурах: Марсов, Наядин, Палладин, Цереров, Юпитеров и др. В свою очередь фамилия Елевзинов воплотила в себе сразу две традиции выбора таких фамилий. Город Элевзин был назван в честь одного из героев античной мифологии — Элевзина, который был сыном бога Гермеса. Но особую славу в Античной Элладе этот город снискнул по причине того, что здесь находился культовый центр двух олимпийских богинь — Деметры (богини земледелия и плодородия) и её дочери Персефоны. В нём ежегодно проводились так называемые Елевзинские мистерии — таинства,

посвящённые этим богиням и считавшиеся одними из самых важных среди остальных древнегреческих обрядов.

Современники отмечали, что среди выпускников Казанской семинарии особенно часто встречались фамилии, образованные от различных иноязычных основ. Неудивительно появление фамилии **Елевзинов** среди церковнослужителей Мамадышского уезда Казанской губернии. Обратите, например, внимание на фамилии некоторых клириков села Юкачи, служивших вместе с вашим предком, Стефаном Николаевым Елевзиновым в 1842—1848 годах (его отчество в те времена записывалось ещё только так, но не Николаевич): Агропольский, Алякринский, Мизонов.

ЭПИМАХОВ

Фамилия Эпимахов действительно звучит несколько необычно для русской традиции. Более распространена другая форма её записи — *Епимахов*. Собственно, имя, от которого эти фамилии образованы, в православном календаре записано как Епимах. Оно возникло в древнегреческом языке, в переводе с которого означает буквально «оказывающий военную помощь».

Изменение произношения исконной гласной «е» на «э» в церковных именах для русской традиции было необычным. Однако оно встречалось среди жителей западных губерний. Об этом напоминают сохранившиеся деревни Эпимахи (Минская обл.) и Эпимахово (Псковская обл.). В велико-

русских же губерниях оно обычно произносилось как *Епимах*, поэтому образованное от него семейное прозвание обычно встречается в форме *Епимахов*: в 1530—1540 гг. — Костко Епимахов, новгородец; в 1563 г. — Иван Епимахов, подьячий в Переславском уезде и др. Впрочем, учитывая принадлежность представителей этой семьи к духовному сословию, нельзя исключать того, что изменение написания было произведено сознательно, например для красоты и загадочности, чтоб было «попадному».

Интересует происхождение фамилий моих дедушки и бабушки: Коротеев (до 1940-х годов Каратеев) и Есечкина. Родом они с Орловщины.

Благодарю за ответы,
Анна Смирнова.

КОРОТЕЕВ

Фамилия Каратеев редка и бытует главным образом в южных областях России: к югу и востоку от линии Орловская — Тульская — Рязанская области. В отличие от неё фамилия Коротеев более распространена, но тоже характерна для южных областей. Обе они могут восходить как к разным по происхождению именам — *Каратей* и *Коротей*, так и к разным формам одного и того же мирского имени или прозвища.

Вероятнее всего, прозвище Коротей (как и значительно более распространённое — Коротай) давалось обладателю мало-

Раздел ведёт
кандидат филологических наук
Владимир МАКСИМОВ,
директор Информационно-исследовательского центра «История фамилии».

го роста, невысокому для своего возраста подростку или молодому мужчине. Впрочем, если допустить, что *Коротей* — диалектная форма прозвища *Коротай*, то необходимо упомянуть о том, что мирское имя или прозвище *Коротай* могло иметь ещё два значения.

Одно из них — имя Коротай, повторяющее название короткой верхней одежды («короткий каftанчик с перехватом под тууп; суконный, женский коротенький каftанчик»; «безрукавная кофта с проймами, душегрейка»), или, соответственно, прозвище человека, предпочитавшего носить такой вид одежды на европейский манер (в те времена большинство русских людей носили по традиции длинные верхние одежды).

Второе значение восходит к названию одного из мордовских племён — каратаев, проживающих главным образом в селениях современного Камско-Устьинского района Татарстана. Кстати, этнографами было отмечено употребление этого названия и в форме «каратаи».

Любое из упомянутых значений могло использоваться в качестве как прозвища, так и обычного мирского имени. Например, названия разных видов одежды и головных уборов, а также названия народов широко употребляли в качестве обычных мирских имён.

В южнорусских областях, жителям которых свойствен-

но «аканье» (в таких говорах безударная гласная «о» произносится как «а»), имя *Коротай* могло произноситься и быть записанным как *Каратай*. Поэтому сегодня сложно однозначно указать, какое именно значение имело имя или прозвище родоначальника каждой семьи *Каратеевых* и *Коротеевых*. Тем более, что изменения в написании, как это произошло и в вашем случае, могли произойти позднее — уже в написании самой фамилии. Например, дворянский род *Каратеевых* известен с первой половины XVII века. Представители этого рода упоминались в грамотах того периода и как *Коротеевы*. Вообще же семейное прозвание *Коротеевы* встречается в русских грамотах с давних времён: Иван *Коротеев*, землевладелец в Мценском уезде, 1587 г.; Безсон Григорьев сын *Коротеев*, елецкий служилый человек, 1601 г.; Максим Михайлов сын *Коротеев*, землевладелец в Каравчевском уезде, 1614 г.; Яков Дементьев сын *Коротеев*, «стрелцов и казаков голова», г. Чернь (тульские земли), 1644 г.; Осип *Коротеев*, посадский человек в Калуге, 1720 г.

Хорошей иллюстрацией описанной истории является география сохранившихся до наших дней селений с названиями *Каратеевка* (Советский район Курской обл., Воловский район Тульской обл.) и *Каратеево* (Белёвский и Чернинский районы Тульской обл.), а также *Коротеево* (Знаменский и Малоархангельский районы Орловской обл.) и *Коротеевка* (Петровский район Тамбовской обл., Каравчевское городское поселение Брянской обл.). Все они рас-

положены в землях, жители которых свойственно аканье: поэтому в их говорах имя *Коротей* и фамилия *Коротеев* могли быть записаны как *Каратей* и *Каратеев*. Известно, что многие деревни в старину получали названия по имени их основателя или владельца: это отразилось и в формах записи названий деревень.

ЕСЕЧКИН

Фамилия *Есечкин* образована от крестильного имени *Есечка* — уменьшительной формы канонического крестильного имени Евсевий, которое в переводе с греческого языка означает «Благочестивый». Кроме того, в такой форме в старину могли употребляться в обиходе несколько других мужских канонических крестильных имён греческого происхождения: Евстафий («Устойчивый»), Евстигней («Добрый знак»), Евсторий («Любимый»), Евстохий («Остроумный»), Евстрат («Хороший воин») и Иосиф («Божья награда»). Не стоит удивляться столь большому числу имён. Любое из них могло употребляться в краткой форме Еся, от которой, в свою очередь, и было образовано имя *Есечка*. Такая ситуация не уникальна. Например, в форме Паня и, соответственно, Панечка могли употребляться имена Павел, Панкратий и Пантелеimon; в форме Филя и Филечка — Памфил, Филипп, Филимон и Феофил (отсюда фамилии Панечкин и Филечкин).

При этом, если краткая форма этих имён (Еся) бытовала практически повсеместно (о чём напоминает широкое распространение фамилии Есин), то имя *Есеч-*

ка

ка, как и другие имена в такой уменьшительной форме (Васечка, Федечка или упомянутые Панечка, Филечка) были более всего характерны для говора жителей южнорусских областей (Калужской, Липецкой, Орловской, Тульской и соседних). Так что Орловщина — это и есть малая родина фамилии *Есечкин*. Эта фамилия редка, хотя даже в первой половине XX века была известна также на Слобожанщине (в Харьковской области), в Крыму и Западной Сибири, что, вероятнее всего, связано с переселениями с малой родины во времена, когда представители этих семей уже имели официальную фамилию.

Добрый день, хотелось бы узнать о происхождении фамилий *Косцов* и *Дурново*. Это родовые фамилии нашей семьи.

С уважением,
Н. Косцова.

КОСЦОВ

Косец — традиционное для русских говоров название человека, который косит хлеба или сено. В отличие от названия «косарь», имевшего такое же значение, но пришедшего в русские говоры из белорусских и украинских и потому в России первоначально получившего распространение в говорах жителей западных и южных великорусских областей, слово «косец» было исконным для говора коренных жителей северных и центральных земель. Так, например, в грамоте Кирилло-Белозерского монастыря (во-

лодгоские земли) 1581 года сохранилась такая запись: «Старец Герасим Толстой на верхних пожнях наймовал казаков сенокосцов... дал косцам и копновозам... 7 рублей 4 деньги...»

Разумеется, тот факт, что мужчина умел хорошо косить, не мог стать причиной появления прозвища *Косец*: этой работой в сезон в те времена были заняты большинство крестьян. Иное дело, когда крестьянин, а быть может и представитель другого сословия работали в сезон косцами по найму. Такая практика была широко распространена: горожане и крестьяне из регионов с малоплодородными землями на время уборки урожая устраивались на работы косцами туда, где не хватало рабочих рук.

Нельзя не упомянуть о том, что существовали и другие значения слова «*косец*». Например, в XIX веке в южнорусских говорах так называли тетерева, а на Смоленщине слово «*косец*» употреблялось в значении «грабитель, разбойник». Поэтому прозвище *Косец* — в первом его значении — могли дать, например, глуховатому мужчине («глух как тетерев»). Второе значение также могло стать основой прозвища, но не обязательно реального разбойника и грабителя, а просто обладателя весьма непростого характера. В 1595 году в списках жителей Переяславля-Рязанского упомянут Роман **Косцов**.

ДУРНОВО

В основе фамилии **Дурново** также может лежать как мирское имя, так и прозвище. В старину на Руси

были весьма популярными мирские имена с довольно отрицательными значениями, напоминающие нелицеприятные характеристики, например: Беда, Буйной, Буян, Зло, Злоба и Злой, Золотуха, Краснуха, Немир и т. п. К их числу принадлежит и имя *Дурной*, которое, как ни странно, было довольно распространённым. Так, в старинных грамотах упоминаются: Кузьма Дурной Остафьев, новгородский своеземец, 1495 г.; Иван Дурной, ивангородский торговый человек, 1498 г.; Ондрей Дурной, помещик в Переяславском уезде, 1611 г.; Константин Дурной Семенов сын, малоярославский дворянин, 1613 г.; Иван Иванов сын Дурной, московский стольник, 1696 г.

Конечно, сегодня такие имена вызывают большое удивление, но наши суеверные предки верили, что нечистая сила побоится тронуть человека, названного таким или любым из упомянутых выше «опасных» имён, и ему не будут страшны её проказы. Любопытно, что слово «дурной» употреблялось и как название разных представителей этой самой нечистой силы, злых духов, домового: поэтому «тёзка» этой нечисти мог даже рассчитывать на её защиту. На снисходительное отношение домового к себе могли полагаться и остальные члены семьи, если один из них носил мирское имя *Дурной*. Между прочим, даже сегодня — в эпоху всеобщего среднего образования — некоторые люди верят, что просто правильно подобрав себе новое имя, можно радикально улучшить свою жизнь. Что ж удивляться, что подобные суеверия были распространены

в среде неграмотных крестьян несколько столетий назад.

Более того, в некоторых семьях имена-обереги могли повторяться из поколения в поколение. Возможно, именно так получил своё мирское имя упомянутый в грамоте 1545 года Сорвиголова **Дурново**, живший в Великом Новгороде. Кстати, мирские имена бытовали на Руси практически до конца XVII века, но имена с ярко выраженным охранительным значением после XVI века были уже редкими. Поэтому в этот период личное имя *Дурной* вполне могло быть прозвищем, имевшим множество значений и оттенков: от резко отрицательных до абсолютно нейтральных — например, «непривычный», «не свой».

В большинстве случаев от имени-прозвища *Дурной* образовывалась фамилия **Дурнов**. Но некоторые древние семейные прозвания представляли собой фонетическую запись формы родительного падежа единственного числа (**Дурново**, Плохово, Хитрово и др.) или множественного (Черных, Веселых, Рудых и т. д.). Чаще всего такие фамилии, возникшие не позднее XVII века, сохранились в среде русской аристократии. Не является исключением и фамилия **Дурново**, известная в русском дворянстве с XV века: она по праву может быть названа одной из древнейших русских фамилий. Однако изначально такой тип семейных прозваний не был исключительно аристократическим. Например, в грамоте 1623 года записан Алешка Иванов сын **Дурново**, крестьянин деревни Игошево на реке Чусовой.

На выставку «Михаил Врубель» в Новой Третьяковке я пришла в один из первых дней её работы. Сказать, что выставка произвела сильное впечатление, взволновала, — не сказать ничего. Мне кажется, я заболела, и болезнь эта вряд ли пройдёт. Но что случилось? Ведь не первый раз в жизни я увидела картины Врубеля. Само имя — необыкновенно звучное — впервые услышала, как и многие, в детстве, очень давно.

Как таковых залов на этой выставке нет — есть образные пространства, архитектурно перетекающие одно в другое. И начинается выставка с пространства «Демон», в котором соединились все три живописных «демонических» полотна Врубеля: «Демон (сидящий)» (1890), «Летящий Демон» (1899) и «Демон поверженный» (1902) — первый и последний постоянно экспонируются в Государственной Третьяковской галерее в Москве, «Летящий Демон», неоконченный, — в Государственном Русском музее в Санкт-Петербурге, соединение происходит крайне редко. Помимо живописных полотен на выставке в Новой Третьяковке — Демоны графические, включая иллюстрации к поэме «Демон» Михаила Юрьевича Лермонтова в юбилейном издании произведений поэта.

«На протяжении всей жизни, — начинаем читать сопровождающие экспозицию выставки тексты, — Врубель был поглощён поиском образа “Демона” и верил, что имен-

Картина создавалась в маленькой масле с искаженным неправильным искажением. Когда сразу после завершения она попала в выставочные залы, где освещение было совершенно иным, краски ее утратили сияние — это произвело впечатление на глаза у публики, переписывать картины и иконы, безуспешно пытаясь оживить поземную поверхность, вернуть ей аллегорическое выражение и изображение. При этом казалось, что Демон постоянно менял свой облик. В погоне за ускользающими образами художник вступил в конфликт с самим собой.

Судьба Врубеля пронигнела, споры о нем не прекращаются как миф о художнике-небожителе, покорившем сердце обывателей жизни, и это признание вдохнуло новую жизнь в этот легендарный персонаж. Александр Бенкин пишет: «Возвращение в своих созданиях постюнико к «Демону» лишь подавало толку своей миссии, был дан он, падший прекрасный ангел для которого мир был бесконечной и вечной властью над своим творением...»



Голова Демона. 1890 год. Бумага, прессованный уголь, сангина. Государственная Третьяковская галерея.

но он составит ему имя. Этот образ стал не только центральной темой его творчества, но и многом определил духовный путь и трагическую судьбу самого художника. Врубель утверждал, что «Демон» значит «душа» и олицетворяет собой вечную борьбу мятущегося человеческого духа, ищащего примирения обуревающих его страстей, познания жизни и не находящего ответа на свои сомнения ни на земле, ни на небе...»

...Стоя перед профилем «Голова Демона» (1890), большой графической работой, выполненной прессованным углём и сангиной по тонированной бумаге, я услышала полуслёпот: «Мама, я его боюсь...» Обернувшись, ещё застала движение отворачивав-

*Демон поверженный. 1902 год. Холст, масло.
Государственная Третьяковская галерея.*



● ПО МУЗЕЯМ И ВЫСТАВОЧНЫМ ЗАЛАМ

ХУДОЖНИК НА ВСЕ ВРЕМЕНА

Наталия ДАНИЛЕВСКАЯ.

шайся от картины девочки лет шести, лица её не увидала. Постояв пару секунд спиной к картине, маленькая посетительница отошла подальше, на середину «демонического» пространства. Её мама пошла за ней и, наклонясь, стала тихо что-то объяснять. Я повернулась к рисунку и попыталась взглянуться в него глазами ребёнка. Вскоре, признаюсь, мне стало нехорошо...

Через несколько дней после посещения выставки, немного отойдя от переполнявших впечатлений, я решила перечитать поэму «Демон», несмотря на предупреждение Михаила Германа, чью книгу о художнике как раз читала, что «широко известные иллюстрации Врубеля к юбилейному изданию Лер-

монтова и, конечно, особенно к «Демону» едва ли возможно сравнивать с Демонами живописными или просто рассматривать их параллельно». Но мне очень хотелось со-поставить художественное «демоническое», увиденное на выставке, с тем другим — поэтическим, которое знаю, но чем не живу. Я была потрясена так, как не может быть потрясена ни школьница, ни студентка... Не могу описать, что творит со мной с тех пор, как закрыла том Лермонтова, мой разум.

Что это? Соприкосновение с высшим?

«Великие произведения искусства выбираются историей лишь из числа произведений «исповеднического» характера. Только то, что было исповедью писателя,

только то создание, в котором он сжёг себя дотла, — для того ли, чтобы родиться для новых созданий, или для того, чтобы умереть, — только оно может стать великим». Это слова Александра Блока.

Видно, соприкоснувшись с великим исповедальным, мы исповедуемся ему в своём.

...На выставке «Михаил Врубель», огромной, надо много читать. Я не могу оценить достоинства такого подхода — меня переполнило её содержание.

В самом конце экспозиции, пройдя сквозь все пространства, стоя перед графическим портретом Валерия Брюсова, читая стихотворение поэта, посвящённое Врубелю, и текст с воспоминанием о том, как в 1906 году слепнущий Врубель, почти безумный, создавал этот портрет, оставшийся неоконченным, невозможно сдержать слёз.

*От жизни лживой и известной
Твоя мечта тебя влечёт
В простор лазурности небесной
Иль в глубину сапфирных вод.*

*Нам недоступны, нам незримы,
Меж сонмов вспыхивающих сил,
К тебе нисходят серафимы
В сияньи многоцветных крыл.*

*Из теремов страны хрустальной,
Покорны сказочной судьбе,
Глядят лукаво и печально
Наяды, верные тебе.*

*И в час на огненном закате
Меж гор предвечных видел ты,
Как дух великий и проклятий
Упал в провалы с высоты.*

*И там, в торжественной пустыне,
Лишь ты постигнул до конца
Простёртых крыльев блеск павлиний
И скорбь эдемского лица!*

«Врубель сразу же начал набрасывать углём портрет, — свидетельствует Валерий Яковлевич Брюсов, — безо всяких подготовительных этюдов. В жизни во всех движениях Врубеля было заметно явное расстройство... Но едва рука Врубеля брала уголь или карандаш, она приобретала необыкновенную уверенность и твёрдость. Линии, проводимые им, были безошибочны. Творческая сила пережила в нём всё.

Человек умирал, разрушался, мастер — продолжал жить».

Готовясь к беседе с куратором выставки «Михаил Врубель» Ириной Викторовной Шумановой, заведующей отделом графики XVIII — начала XX века Государственной Третьяковской галереи, я прочла среди прочего её статью 2011 года в журнале «Галерея». Статья* начиналась так: «Рисунок карандашом — один из древнейших видов творчества, начало всех изобразительных искусств. Неразлучный спутник художника, карандаш фиксирует рождение замысла и этапы его дальнейшего формирования. В то же время рисунок существует как самостоятельный вид искусства со своим языком, своими специфическими законами и своей историей. Карандаш имеет множество разновидностей — серебряный, свинцовый, графитный, итальянский, восковой, цветной, литографский и другие, а также широкий круг родственных материалов — уголь, сангина, соус. Художественные приёмы в этих “сухих” рисовальных техниках бесконечно разнообразны, в них ярко проявляется индивидуальность мастера, чувство формы, природная одарённость и уровень профессионализма. Рисунок карандашом, углём, сангиной, соусом — лучшее отражение темперамента и характера художника».

— Ирина Викторовна, не могу не сказать, что, двигаясь по выставке «Михаил Врубель» в Новой Третьяковке, я останавливалась буквально перед каждой графической работой. Мне казалось, что я чувствую хождение его карандаша...

— Правильно! Графика — это открытая дверь и самый простой путь к познанию художника. Вообще к познанию того, что такое искусство. Парадокс ведь в том, что рисовать так или иначе может любой человек, но все понимают: художник делает то, что обычный человек делать не может. Магия материала, которая присутствует в карандаше художника, яснее всего говорит обычному человеку: то, чем занят художник, есть особый вид человеческой деятельности, доступный не всем.

*Статья посвящена выставке «Карандашный рисунок: от Ореста Кипренского до Казимира Малевича» в Государственной Третьяковской галерее, 2010—2011 годы.



Портрет В. Я. Брюсова. Начало 1906 года. Не окончен.

Бумага, прессованный уголь, сангина, мел.

Государственная Третьяковская галерея.

этот образ
в русской
образе Демо-
именно он со-
Этот образ ст-
центральной
творчества, но
определен ду-
и трагическую
самого художни-
утверждал, что «
путают с чертом
тогда как "Демон"
"душа" и лицетвор-
ченную борьбу мат-
человеческого духа,
примирения обурев-
его страстей, познани-
и не находящего отве-
на своим сомнениям ни
ни на небес,

фото Натальи Данилевской





— Значит, для того чтобы чувствовать искусство, обычному человеку нужно хоть немного уметь рисовать, водить карандашом по бумаге...

— Любой из нас рисовал. Нет такого человека, который бы в течение своей жизни не попытался что-то нарисовать. Минимальный художественный опыт есть у каждого. Графика — вид искусства, наиболее близкий и понятный любому человеку, потому что в графике открыт процесс создания произведения. Мы можем его отследить в некоем времени, мы можем его пережить. Меня очень радует, что вы так эмоционально воспринимали каждый рисунок. Наша задача и состояла в том, чтобы установить этот контакт зрителя с произведением искусства.

В наш цифровой век нам представляется, что, посмотрев на картинку в интернете, мы её «типа» знаем. Видели — знаем! Но ведь картинка — это эрзац. Это информация о произведении, но не само произведение. А музей даёт непосредственность общения с произведением искусства, с особым видом человеческой деятельности. Уникальным! Очень не хотелось бы, чтобы мы утратили то восторженное отношение к искусству, которое было у предшествующих поколений.

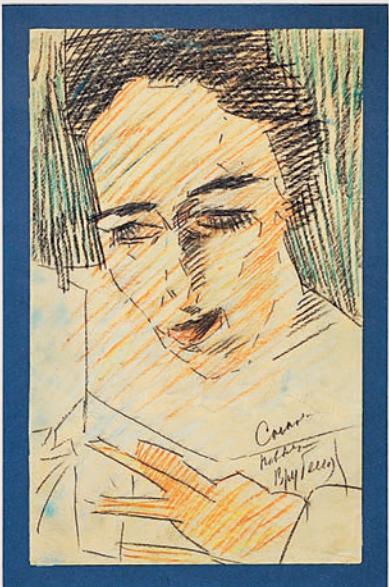
Поэтому выставка так и построена — она говорит о методе мышления Врубеля, о том,

как Врубель работал, о загадках Врубеля. Конечно, можно было бы рассказать биографию художника Врубеля, но это была бы другая выставка.

— Живопись Врубеля — прекрасная, великолепная, сверкающая! — любима всеми. С юности, а то и с детства, знакомы мы и с его майоликой, воспринимали её с особенной душевной радостью, бывая в Абрамцеве. А вот графика Михаила Врубеля так мощно представлена едва ли не впервые на нынешней выставке...

— Да. И к этому мы шли долго. Если вы помните, до последних, буквально, лет в большом врубелевском зале у нас был раздел, где мы в сменном режиме, в специальных витринах, показывали графического Врубеля, благо коллекция его рисунков в Третьяковской галерее огромная и она это позволяла. Врубель в большом зале — главном, по существу, зале Третьяковской галереи — был представлен как художник синтетический: одновременно и живопись, и скульптура, и графика. Он же не делал различия между видами искусства, у него не было традиционной иерархии. Всё, к чему прикасался, он превращал в золото, в драгоценности. Александр Бенуа писал, что «Врубель одинаково хорош и в живописи, и в скульптуре, и в той сфере, которая у нас так неудачно и глупо называется “художественной промышленностью”».

→



Женский портрет. 1902—1903 годы.
Бумага, чёрный и восковые карандаши, пастель, уголь.
Государственная Третьяковская галерея.



Мужской портрет. 1902—1903 годы. Бумага,
графитный карандаш. Государственная Тре-
тьяковская галерея.



На выставке 1997 года мы показывали тоже значительное количество графических работ. Но показывали «стыдливо», аккуратно, пытаясь не говорить о том, что поздние рисунки — рисунки 1902—1906 годов — были созданы в больницах и в промежутках между больницами. Поэтому второй круг жизни Врубеля, поздний, графический Врубель, когда он вынужден был отказаться от краски, от цвета, на предыдущей нашей выставке представлен был не в полном объёме. И дело даже не в объёме. Не читался масштаб возрождения Врубеля, второго круга жизни, когда он заново, с «чистого листа» выстраивает свои отношения с реальностью: заново начинает рисовать с натуры и видит натуру, природу, реальность совершенно иначе.

«Под взором Врубеля природа принимала небывалые доселе формы, — цитируем мы сейчас, в нашей нынешней экспозиции, Ни-



колая Ге (младшего). — Врубель чувствовал, что ещё ни один человек на свете не всматривался достаточно в природу, в таинственность и фантастичность её деталей. Он чувствовал, как грубы и нехудожественны обыкновенные способы передачи деталей, которые не передают их стройности, гибкости, элегантности и фантастичности. И на структуру цветка, на переливы красок перламутра он смотрел ещё небывалым у человека взглядом...»

Врубель видит мир уже не как художник XIX века, а как художник, улавливающий флюиды, которые приведут к искусству XX века. Этот Врубель, его второй период — графический — невероятно интенсивен по напряжению творческих сил.

*За чтением (у стола). 1903—1904 годы.
Бумага, чёрный карандаш.
Государственная Третьяковская галерея.*





*Дворик зимой. 1903—1904 годы.
Бумага, графитный карандаш.
Государственная Третьяковская галерея.*

Конечно же, были сомнения, что после очень эффектного живописного десятилетия, московского, — ярких панно, прекрасных картин, блеска майолики — «сработает» графика, проход через аскезу графических залов... Но сложенная таким образом драматургия выставки — спуск на другой регистр экспозиции и проведение зрителя через чистилище клиник и аскезу чёрно-белой графики, которая, казалось бы, нужна только для того, чтобы вспыхнули феерические краски «Серафима» в finale, — эта драматургия работает.

— ...Можно ли себе представить другую драматургию? Представить, что внутри графики помещается живопись... Кстати, у Врубеля живопись перегоняла рисунок? Каждый художник сначала, как правило, что-то набрасывает...

— У Врубеля очень мало предварительных рисунков. А те, что есть, чрезвычайно далеки от того, что потом было выражено живописно. Вообще у Врубеля всё было как-то иначе, чем у других художников. Вот у него, например, замечательная — знаме-

нитая! — картина «Сирень» (1900). Она, как он пишет, «эскиз к моей следующей „Сирени“» (1901). То есть одна живописная работа — эскиз к следующей. «Летящий Демон» оказывается эскизом к «Поверженному».

Графических эскизов как этапа работы, который приводит к живописному произведению, у Врубеля практически нет. Он мыслил иначе. Его графика скорее самостоятельна. Особенно в позднем периоде. Начиная с 1902 года Врубель не брал в руки масляные краски, и созданы лишь два живописных произведения: портрет жены 1904—1905 годов и «Шестикрылый серафим» (1904). Всё. Больше масла нет.

— Речь о решении самого Врубеля расстаться с красками или расставание оказалось вынужденным, было предписано врачами?

— Вы знаете, я думаю, что было и то, и другое. В больницах Врубелю в его буйные периоды, конечно, не давали красок, и у него не было реальной возможности работать красками, хотя «Шестикрылый



Сирень. 1901 год. Холст, масло.
Государственная Третьяковская галерея.



Сирень. 1900 год. Холст,
масло.
Государственная Третья-
ковская галерея.

«шестикрылый серафим» — фактически последнее произведение Врубеля, выполненное масляными красками. О программно по значимости образа, по символичности творчества создания, по выразительности и уровню величины. В воспоминаниях сестры художника чи картина фигурирует под называнием «Азраил». Рей Дагле в 1906 году на выставке в Париже называет «Ангел смерти». «Шестикрылый серафим» ведет свою генеалогию от первой большой композиции, которую художник создал, едва покинув Академию художеств: ангела с распростертыми крыльями в куполе собора Софии в Киеве. Там он должен был средствами величины передать эффект переливатой смальты. Техника этого «шестикрылого серафима» стала воспоминанием извском дебюта. Но здесь Врубель уже не имитирует звуку, а демонстрирует итог процесса ее виртуозного реосмысления на протяжении всего архитектурного пути. Картина возникла на пересечении сильного демонического в творчестве художника. Временники видели в этом произведении не только одолжение «Демона» прошлого, но и символ рождения художника.



В январе 1904 года с былою мощью и энергией он зацепился на полотне этот таинственный сон воскресающего гения. То был его художественный и мистический «Азраил», осененный синим супраслем своих крыльев.

— В стеклянных очах нет материнской тоски; весь облик превратился в покой и полон какой-то таинственной, ясной и суровой расторопности. Здесь еще раз собрались Врубель дающие металлы и разноцветные кристали своего «Пророка», «Лебедя» и «Демона», живущего в темнице.

На видно, что эта композиция

создана больным и с болезнью

супраслем своих крыльев.

Александр Иванов

Шестикрылый серафим. 1904 год.

Холст, масло.

Государственный Русский музей.

серифим» в конце 1904 года написан маслом в клинике и под наблюдением врачей. А годом раньше, так же в клинике и тоже под наблюдением врачей он создал композицию «Пасхальные голоса», на которой потом и написал своего «Шестикрылого серафима». Но также мы знаем, что Врубель сознательно отказывается от цвета, он как бы накладывает на себя графическую епитимью. Он пишет, что ему не нужен цвет для передачи блеска перламутровой раковины. Он может сделать это только углём и карандашом. «Когда-нибудь все научатся видеть цвет в чёрном и белом, как я его вижу сейчас» — говорил Врубель.

— И поэтому чёрным и белым, их чередованием, сделано пространство на нижнем этаже...

— Да, воплощение графического круга жизни Врубеля происходит через чёрный и белый цвета, через чередование состояний пребывания его в различных клиниках. Действительно, состояние Врубеля менялось — от просветления до погружения в полнейшее безумие. Но дважды возрождался Врубель, писала мать Валентина Серова, ближайшего его друга. Дважды! И оба раза он создавал пронзительные, великолепные творения.

— А сохранилось ли что-то из совсем ранних работ? Ведь он маленьким мальчиком уже хорошо рисовал. Что-то из более или менее ранних вещей выставляется?

— Мы начинаем с периода Академии. Понимаете, на выставке можно показать не слишком много работ, но, в принципе,



у нас целый зал ранней графики. А там было столько тем! Так много направлений, что мы их лишь обозначаем: этюды цветов, киевских, обозначены тремя вещами, прекрасная тема «Портреты Праховой» — тоже несколькими вещами, эскизы к Владимирскому собору в Киеве — буквально пара-тройчка, петербургская акварель — пять-шесть работ. Выставка не может быть бесконечна. У нас и так более 300 работ! И это три этажа... Но удивительно, что даже дети, поначалу пугающиеся при упоминании этажей, как-то доходят до конца. Причём дети в таком сложном возрасте (не совсем маленькие и не совсем большие) в позднем, графическом, пространстве что-то находят для себя...

— В беседах вы неоднократно упоминали, что отбор графических работ был тщательным настолько, что становился нередко муничительным. Каким был критерий отбора?



M. A. Врубель. Автопортрет. 1904—1905 годы. Бумага, акварель, белила, графитный карандаш. Государственная Третьяковская галерея.

Лицо Михаила Александровича Врубеля... Меняясь от одного автопортрета к другому, оно ведёт вас по выставочному пространству и не оставляет в покое...



Богоматерь с младенцем. 1884—1885 годы.
Бумага, уголь, белила.
Государственная Третьяковская галерея.

136

— Всегда нужно пройти между Сциллой и Харибдой характерного и качественного. Должны быть показаны и вещи характерные, которые определяют направление, позволяют почувствовать движение мысли, то есть создать историю, некий вектор движения. Но должны быть и шедевры. Как вообще строится история искусства: по характерным точкам или по вершинам? Это вопрос, который не имеет однозначного ответа. Каждый раз пройти между этими двумя очень сложными задачами — это и есть искусство экспозиционера.

Понимаете, меня сложно спрашивать о Врубеле. Я считаю, что он гениален в любой своей «почеркушке», скажем прямо так. Мне интересен любой его рисунок! Мельчайшее движение его мысли!

На выставках мы всегда хотим показать и то, что известно зрителю. Нельзя сделать выставку Врубеля без «Розы», той, что в стакане. Нельзя! Ну, никак нельзя! И в то же время показать вещи, которые никто никогда не видел. И на этой выставке достаточно много рисунков, которые никогда не показывались. Это и обороты, которые никто не видел, и какие-то рисунки из частных коллекций... С живописью не так, потому что у Врубеля очень мало живописи, количественно. За исключением отдельных работ, находящихся в российских музеях, и ещё пяти живописных работ, хранящихся в Украине, всё показано на выставке.

У Врубеля мало живописи. Но зато какая! А графики — огромное количество! И тут у нас совершенно разные были задачи: живописи надо было привезти побольше, а графику нужно было очень качественно отобрать. Основная удача этой выставки — то, что осуществилась коллaborация с Русским музеем, и нам выдали около 100 произведений. Таким образом, мы смогли показать графические циклы, разрозненные между нашими музеями. И они как пазлы, как зубчики гребешков вошли друг в друга. Вот такого не было очень давно. На выставке в 1997 году мы показывали только нашу коллекцию, а Русский музей затем показывал свою. Тоже неплохо, но это совсем другое...

— И эти выставки тогда проходили так же последовательно, как будет сейчас?

— Русский музей делал свою выставку чуть позже. Мы сделали в 1997 году, сразу после возвращения большой выставки



Врубеля из Германии — мы думали, что покажем эту выставку здесь, но она развалилась, рассыпалась на три составляющих, и каждый музей пошёл своей дорогой. Очень это было обидно.

— Можно себе представить. А соборные росписи?! Его ангелы? Они там, в Киеве, как их перетранспортировать? Никак. Только поехать и посмотреть.

— Конечно, только поехать. Потому что даже идея показать их мультимедийно... Был такой, очень важный момент в организации выставки — несколько мультимедийных проектов. Первый, посвящённый реставрации, изучению, рентгенографированию, ведь было проведено много интересных исследований, связанных с техникой работ. Вторым был проект, посвящённый утраченным работам Врубеля. Третий задуманный нами проект назывался условно «Врубель крупным планом»: была сделана макроэсэмплка некоторой части его работ, очень важных. И, конечно, «Жемчужина». Наблюдение за тем, как сделана «Жемчужина» в многократном увеличении, это удивительное наслаждение! И ещё один мультимедийный проект был связан с показом киевских работ в электронном решении. И от всего этого мы были вынуждены отказаться, потому что накал оригинальных произведений настолько силен и он настолько изматывает зрителя,



Роза. 1904 год.
Бумага, акварель, графитный карандаш.
Государственная Третьяковская галерея.





«...Многочисленные этюды раковин, может быть, самые удивительные среди врубелевских рисунков...» — считал Николай Николаевич Пунин. «Весь трепет и изысканность» их духа не сможет передать никакая фотография — чудо надо увидеть своими глазами. Лишь скользнув вдоль длинного ряда дивной графики мастера, камера остановилась на его «Автопортрете с раковиной» и зацепила её саму...

Из собрания Государственного Русского музея.

что введение любого дидактического материала и замена реального впечатления электронным эрзацем были сочтены неправильными. Я очень страдала, что мы не сделали «Врубеля крупным планом», не показали «Жемчужину» в суперувеличении. Но я понимаю, что это правильно.

— Вы это сейчас говорили, а я внутри себя повторяла: слава богу, вот слава богу, что не сделали. Этот современный электронный подход не был бы органичен.

— Понимаете, это очень эффектно, но не в данном проекте, не в рамках нынешней выставки. Потому что два вида подачи материала спорят друг с другом. Но проект есть, мы его доведём до завершения и сделаем этот восторг доступным для зрителя.

— Вы сказали, выставка «изматывает». Какой точный глагол! Но это не плохо.

Картина создавалась в маленькой мастерской с мощным направленным источником света. Когда сразу после завершения она попала в выставочные залы, где освещение было совершенно иным, краски её утратили сияние, что привело художника в отчаяние. Он принял ся там же, в залах выставки, на глазах у публики переписывать картину вновь и вновь, безуспешно пытаясь оживить померкшую поверхность, вернуть ей волшебное мерцание и выразительность. При этом казалось, что Демон постоянно менял свой облик. В погоне за ускользающим образом художник утратил власть над своим творением.

Судьба Врубеля прочитывалась современниками как миф о художнике-небожителе, поверженном серостью обыденной жизни, а его произведения казались иллюстрациями к этой легенде. Александр Бенуа писал: «Возвращаясь в своих созданиях постоянно к "Демону" он лишь выдавал тайну своей миссии. Он сам был демон, падший прекрасный ангел, для которого мир был бесконечной радостью и бесконечным мучением...»



Хотя ты «урабатываешься» эмоционально, проходя сквозь такую жизнь. Ведь помимо видеоряда, говоря современным языком, зрителю предлагается много читать. А не читать — обеднишь себя. Это, действительно, очень серьёзная работа!

— Тут тоже была сложная ситуация. Потому что текстов было подготовлено гораздо больше, чем вошло в выставку. И мы понимали, что уже по месту будем решать, что должно остаться, а что может уйти в каталог. Выставка подобна тому, как вы идёте по лесу и видите грибочек. Вы наклоняетесь за ним, а видите уже следующий. Эта экспозиционная вязь требует... нет, не пояснений, конечно, — и так всё видно. Она требует свидетельств. Мы использовали в

основном тексты современников, стремясь показать то, как воспринималось искусство Врубеля тогда. Важен голос эпохи, голоса близких Врубелю людей и исследователей того времени, потому что они могли написать о Врубеле с таким пафосом, какой мы позволить себе сейчас, за редким исключением, не можем.

Не так много авторов, которые могут написать так же хорошо, как это делал Михаил Михайлович Алленов, из современных исследователей. Или как пишет Владимир Алексеевич Леняшин. Это удивительное проникновение!

Вообще лучше всего о Врубеле, по-моему, написали Александр Бенуа и Александр Блок. Конечно, прекрасно написали Евдо-

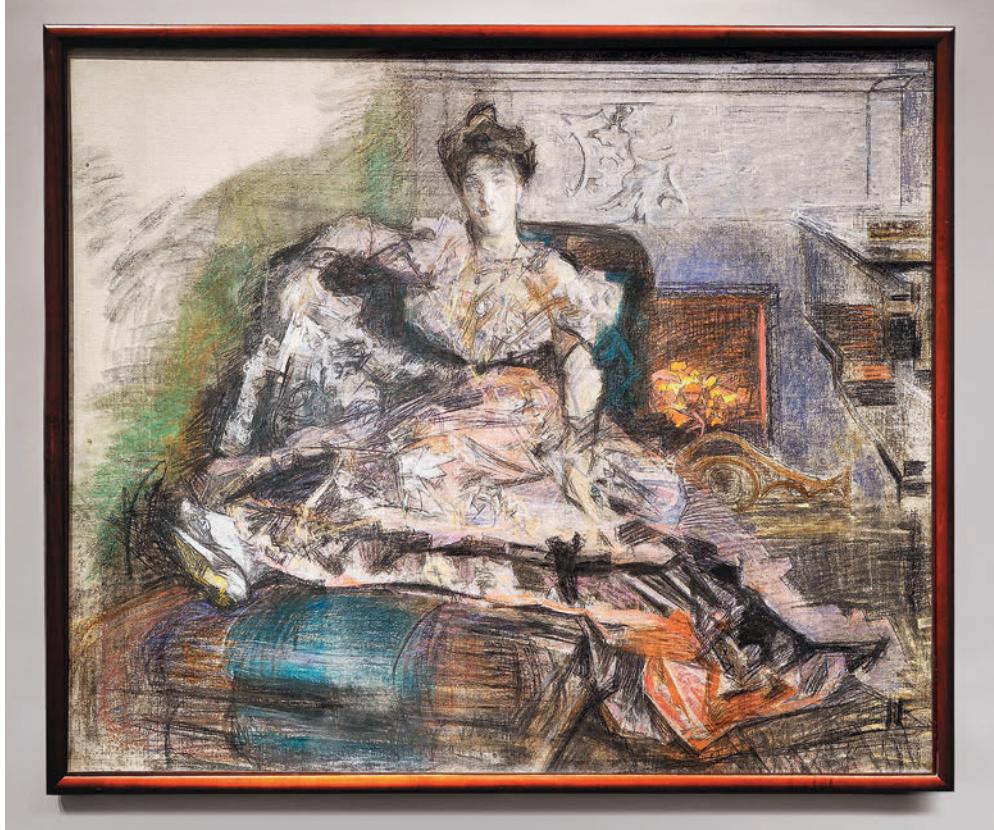


кимов, Дмитриев, Г... Было очень много хороших исследователей на протяжении всего XX века. И книг, прекрасных, о нём написано много. Но удивительно: каждое поколение приходит к тому, что что-то про Врубеля неизвестно. Поэтому мне странно мнение некоторых журналистов, что Врубель давно канонизирован и восторг перед ним непонятен. Для меня он художник вне времени — на все времена. Главная фигура в русском искусстве!

— *Если я имею право выразить своё отношение, то я на вашей стороне.*

— Вы знаете, к этой выставке может быть масса претензий. Где-то мы не смогли хорошо поставить свет, кому-то может показаться агрессивной архитектура, кому-то

не понравится концепция — движение без хронологии. Но в этой выставке есть одно: величие Врубеля! То, что на предыдущей выставке 1997 года нам не удалось. Там был очень камерный, задушевный московский художник. Я просто помню, как та выставка делалась, тот маленький каталог. Нам казалось, что выставка хороша, и мы понимали, что вышли почти что с честью из затруднительного положения без помощи коллег Государственного Русского музея и Киевского музея русского искусства (сейчас это Национальный музей «Киевская картинная галерея»), в котором мы неожиданно оказались, уже заявив выставку Врубеля. Она была... очень московская. А нынешняя — совершенно другая



Портрет после концерта. Портрет Н. И. Забельи-Брубел у камина. 1905 год.

Холст, пастель, уголь.

Государственная Третьяковская галерея.

выставка, по своему объёму, по качеству, по масштабу.

— Ирина Викторовна, выход за рамки в прямом смысле слова — чисто врубелевское явление? Начинает с какой-то детали, а потом не хватает полотна...

— Это и в прямом, и в переносном — во всех смыслах — свойство Врубеля. И в малом, и в большом. На уровне одного произведения и на уровне художественной концепции в целом. Для него не существовало ни рамок картины, ни рамок, ограничивающих, содержащих развитие его мысли, его фантазии.

— ...Художник — особенный человек. Мне видятся две сферы понятия «Художник», одна — внешняя: творчество, творческое наследие; другая — внутренняя: личная жизнь, судьба человека творившего. Отделить одну сферу от другой вряд ли возможно.

— Ну, в случае Врубеля невозможно совсем.

— И всё же в этом единстве есть и должна быть известная доля деликатного разделения. Для публики. Однако время идёт, и чем крупнее оказывается художник, тем меньше он как человек принадлежит себе. Потому что (так мне кажется, во всяком случае) всё больше становится тех, кто — поколение за поколением — живёт в другом времени, но хочет, увидев работы, понять их и понять творца. И, стало быть, претендует на вторжение в его личное пространство. Вопрос: как понять художника, сохранив известные пределы, заходить за которые толпе нельзя?

— Михаил Врубель, мне кажется, очень хотел быть понятым. И он понимал своё значение. Свой масштаб. Важность своих художественных поисков. Когда Третьяковская галерея в лице Ильи Семёновича Остроухова отказывалась покупать «Демона поверженного», картину, иезуиты купили эскиз к ней, Врубель почти кричал на него, как пишет сам Остроухов: «Вы

совершаете преступление, не покупая моего "Демона", не передо мной — перед историей искусства". То есть он понимал, что создал великое творение.

Вся его художественная система, его метод, о котором мы пытаемся говорить здесь, на выставке, настроены на понимание зрителем. И он оставил нам некие ходы, двигаясь по которым мы должны его услышать. Не много художников, так заботливо относящихся к зрителю, так жаждущих понимания. Не признания, а именно понимания.

Жизнь Врубеля — и есть его творчество. Они неразделимы. Неслучайно его судьбу, его реальную жизнь сравнивают с художественным произведением, причём музыкальным. И лучше всего написал, конечно, Александр Бенуа, сравнив жизнь Врубеля с симфонией. Симфония — венец музыкального понимания формы. И вот такой, состоящей из лейтмотивов, линий, рифм, которые пересекаясь, обогащают друг друга новыми смыслами, была жизнь художника Михаила Врубеля. И вот её как подвижную органическую форму мы и пытались на этой выставке визуализировать. Мы постарались следовать за самим художником.

— Выставка ещё будет работать, но потом наступит день, когда она закроется. Вы себе его представляете?

— Это всегда страшно...

— Надо размонтировать...

— Да, и всё упаковать — времени будет очень мало, — нужно перевезти выставку в Петербург, в Русский музей. Дальше начнётся выставка в Русском музее. А дальше... другая жизнь. Вслед за Врубелем идёт художник, который ему в чём-то наследует, ведь Врубель умер в тот год, когда Кацдинский избрёл беспредметность. Это 1910 год. И наш следующий проект — большая выставка Василия Кацдинского в Риме. Не случайно они так сходятся, ведь Врубель практически остановился на грани — он не перешёл эту границу, но он двигался к беспредметности. К живописи как таковой, к её самоценности. К самоценности художественной формы, не связанной с предметным миром. Он практически пошёл к этой черте.

Фото Андрея Лисинского.

Выставка работает до 8 марта 2022 года.

P.S.

Мои детство и юность — это Петровский парк, Верхняя Масловка, до улицы 8 Марта от нашего дома было рукой подать. Помню рассказы бабушки о жизни в тех подмосковных местах в начале XX века, припоминаю и картины — иллюстрации этих рассказов, чётко и ярко всплывавшие перед мысленным взором, позже подкреплённые старинными фото.

Художник Врубель нет-нет да и упоминается, бывало, когда, держа друг друга за руки, мы с бабушкой подходили к углу улицы 8 Марта и Старого Петровско-Разумовского проезда: «Там, за оградой, в частной клинике доброго доктора, он доживал свой трудный, короткий, великий век... И рисовал!»

И я его очень жалела.

В Петровском парке давно не живу. Тот район изменился, на мой, конечно, взгляд, не лучшему, как и многое, за чем наблюдаю. Ограда же, деревянная, с каменными столбами, частично сохранилась, но дни её, как видно, сочтены. Я прошла вдоль неё вскоре после посещения фантастической выставки в Третьяковке. Никому эта бедная ограда, созданная Фёдором Шехтелем и, как считается, по рисункам Михаила Врубеля, не нужна, как не нужны и деревянные дачные постройки, использовавшиеся доктором Фёдором Арсеньевичем Усольцевым для размещения душевнобольных. Домики, оставшиеся мешать новому...

Сюда, в клинику Ф. А. Усольцева, в начале 1906 года приезжал поэт Валерий Брюсов позировать художнику Михаилу Врубелю...



Фото Натальи Данилевской



**Закажите в редакционном интернет-магазине
комплекты номеров 2019–2021 годов и подарите
себе тысячи страниц увлекательного чтения!**

Комплект журналов «Наука и жизнь» №№ 1–12, **2021 г.**

2112 руб.

Комплект журналов «Наука и жизнь» №№ 1–12, **2020 г.**

2112 руб.

Комплект журналов «Наука и жизнь» №№ 1–12, **2019 г.**

1890 руб.

Годовые и полугодовые комплекты номеров журнала можно купить с доставкой Boxberry (курьером или до пункта выдачи) или самовывозом из редакции (Москва, улица Мясницкая, д. 24/7, стр. 1).

Если у вас возникли вопросы по оформлению заказа,
напишите нам на subscribe@nkj.ru

Главный редактор Е. А. ЛОЗОВСКАЯ.

Заместители главного редактора: М. А. АБАЕВ, Н. А. ДОМРИНА.

Зав. отделом корректуры и проверки Л. М. БЕЛЮСЕВА.

Редакция: Л. В. БЕРСЕНЕВА, Н. К. ГЕЛЬМИЗА, Т. Ю. ЗИМИНА, З. М. КОРОТКОВА, А. А. ПОНЯТОВ, Л. А. СИНИЦЫНА, К. В. СТАСЕВИЧ, Ю. М. ФРОЛОВ.

Редакционный совет: А. Г. АГАНБЕГЯН, В. С. ГУБАРЕВ, Е. Н. КАБЛОВ, Г. Х. ПОПОВ, А. К. ТИХОНОВ.

Дизайн и вёрстка: З. А. ФЛОРИНСКАЯ, Т. М. ЧЕРНИКОВА, Т. Б. КАРПУШИНА, М. М. СЛЮСАРЬ.

Заведующая редакцией: Н. В. КЛЕЙМЕНОВА.

Администратор сайта: Т. М. ВАГИНА. Информационное партнёрство: Е. С. ВЕЛИЧКИНА.

Служба распространения: Д. В. ЯНЧУК, тел. (495) 621-09-71. Служба рекламы: Т. В. ВРАЦКАЯ, тел. (915) 108-04-05.

Информация об условиях размещения рекламы: www.nkj.ru/advert/

Адрес редакции: 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 24/7, стр. 1. Телефон для справок: (495) 624-18-35.

Электронная почта: mail@nkj.ru. Электронная версия журнала: www.nkj.ru

- Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламирующие компании.
- Перепечатка материалов — только с разрешения редакции
- Рукописи не рецензируются и не возвращаются
- Выпуск издания осуществляется при финансовой поддержке Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ

© «Наука и жизнь». 2022.

Учредитель: Автономная некоммерческая организация
«Редакция журнала «Наука и жизнь».

Журнал зарегистрирован в Государственном комитете Российской Федерации
по печати 26 февраля 1999 г. Регистрационный № 01774.

Подписано к печати 27.12.2021. Печать офсетная. Тираж 21700 экз. Заказ № 211198.

Цена договорная. Отпечатано в ООО «Первый полиграфический комбинат».

Адрес: 143405, Московская область, Красногорский район, п/о «Красногорск-5», Ильинское шоссе, 4-й км.

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

с любого месяца



НА ПОЧТЕ

Индексы: П1467, П2831



НА САЙТЕ

www.nkj.ru

с доставкой по почте
или с получением в редакции



г. Москва, Мясницкая ул., д. 24/7, стр.1
5 минут пешком от метро «Тургеневская», «Чистые пруды», «Сретенский бульвар». С 10.00 до 17.45 по рабочим дням, с 10 до 15 – по субботам.
Воскресенье – выходной день.

КУПИТЬ ЖУРНАЛ



В редакционном
интернет-магазине

с доставкой Boxberry
или с получением в редакции



В интернет-магазине
научной книги ТОТВООК

totbook.ru/publishings/3622/



В интернет-магазине **Лабиринт**

www.labirint.ru/pubhouse/books/4814/

Найди свою книгу

НАУКА И ЖИЗНЬ

Есть вопросы по подписке?

Пишите: subscribe@nkj.ru

Телефон для справок: +7 (495) 624-18-35

НАУКА И ЖИЗНЬ

I

2022

● ПО МУЗЕЯМ И ВЫСТАВОЧНЫМ ЗАЛАМ
ХУДОЖНИК НА ВСЕ ВРЕМЕНА
(См. стр. 124.)



Фото Андрея Лисинского



Подписные индексы: П1467, П2831

4 607063 070016