



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

12 / 2022





НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор

Л.Н. Стрельникова

Художники

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

Редакторы и обозреватели

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

Ответственный за соцсети

Д.А. Васильев

Подписано в печать 15.12.2022

Типография ООО «Экспоконста»

123100, Москва, 1-й Красногвардейский пр., д. 1, с. 7

Адрес для переписки

119071, Москва, а/я 57

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

http://www.hij.ru

Соцсети:

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

https://vk.com/khimiya_i_zhizn

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

https://twitter.com/hij_redaktor

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

При перепечатке материалов ссылка

на «Химию и жизнь» обязательна

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

Наши подписные агентства

«Арзи», индекс 88763

в Объединенном каталог «Пресса России»

(тел. «Арзи» (495) 443-61-60)

«Почта России», индексы в каталоге П2021 и П2017

НПО «Информ-система», (495) 121-01-16, (499) 789-45-55

«Урал-Пресс», (495) 789-86-36

«Руспресса», тел. +7 (495) 369-11-22

«Прессинформ», +7(812) 786-58-29, +7(812) 337-16-26 г.

С-Петербург

© АНО Центр «НаукаПресс»

Генеральный спонсор журнала

Компания «БИОАМИД»



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
рисунок Александра Кука

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
картина художника Джона Вайлда
«A Near Miss». Как узнать, что происходит
с человеком, и по многим признакам
составить цельную картину — читайте
в статье «Круги исцеления»

*Век живи — век учись,
как надо жить.
Луций Анней Сенека*

Содержание

Выбор главного редактора

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ. Л. Стрельникова 2

Нобелевская премия

ИСТИНА СВЯЗАННЫХ СОСТОЯНИЙ. С.М. Комаров 7

Гипотезы

СОЗНАНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕННО-
ВРЕМЕННОМ КОНТИНУУМЕ. С.М. Комаров 10

Проблемы и методы науки

МОЛЕКУЛЫ, ОРГАНИЗМЫ И ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР. С. Ястребов ... 20

Панацея

ГРЕЦКИЙ ОРЕХ – БОЖЕСТВЕННЫЙ ЖЕЛУДЬ. Н. Ручкина 36

Проблемы и методы науки

АВТОСТОПОМ ПО ЗУБАМ. Н.Л. Резник 42

Диагностикум

КРУГИ ИСЦЕЛЕНИЯ. А. Гурьянов 47

Фантастика

ОН СУЩЕСТВУЕТ! М. Куликова 54

Размышления

КНИГА. М. Эпштейн 59

Нанофантастика

НЕ ЧЕТВЕРТЫЙ! О. Вэдер 64

Результаты: мозг

16

Разные разности

30

Результаты: геофизика

39

Результаты: астрофизика

52

Короткие заметки

62

Пишут, что...

62



Выбор главного редактора

Технологический суверенитет

Одна из тем года — это, несомненно, технологический суверенитет, в котором мы сегодня остро нуждаемся. Кто нам его обеспечит? Понятно, кто — ученые, инженеры, конструкторы, айтишники. А кто обеспечит нам их? Конечно — школа. Наш технологический суверенитет, наше будущее сегодня сидит за школьной партой. Но захотят ли нынешние школьники стать учеными, инженерами и конструкторами? Большой вопрос. Впрочем, время задавать вопросы прошло. Давно уже надо было действовать. И понятно, как действовать — пробуждать в школьниках интерес к этим профессиям. А сформировать нужную нам мотивацию можно, лишь создав условия, которые позволят школьникам влюбиться в будущую профессию.

Однажды спросила лауреата Нобелевской премии по химии Рояльда Хофмана, почему он стал химиком. И он рассказал, что вообще-то не очень увлекался химией в школе. Но однажды, будучи старшеклассником, поехал в летний университетский лагерь, где школьникам предлагали выполнить мини-исследования и маленькие проекты — самостоятельно. Рояльду дали практическую химическую задачу, для решения которой требовались и руки, и мозги. И когда у него все в конце концов получилось, он уже был окончательно и бесповоротно влюблен в химию.

В свое время, в прошлом веке, «Химия и жизнь» тоже сыграла немалую роль в пополнение рядов мировой химической науки молодыми пытливыми умами. До сих пор читатели и знакомые рассказывают нам, как стали химиками благодаря именно «Химии и жизни». Жаль, что сегодня чтение журналов и книг совсем не в моде среди подростков и молодежи.

Но, к счастью, есть люди и организации, которые много лет проводят летние исследовательские лагеря для школьников, всяческие всероссийские конкурсы исследовательских работ — «Человек на Земле», Конкурс Вернадского и тому подобное.

А еще есть люди и организации, которые располагают ресурсами и направляют их на системное решение проблемы. В данном случае я говорю о Фонде Андрея Мельниченко.

Фонд создал те самые условия для пробуждения интереса у ребят — сеть центров детского научного и инженерно-технического творчества. Их девять — в Барнауле, Кемерово, Кингисеппе, Рубцовске, Ленинск-Кузнецком, Киселевске, Бийске, Невинномысске, Новомосковске. Специально перечислила города, чтобы вы увидели, что это совсем не Москва или Сочи, а Ставрополье, Алтайский край, Кемеровская, Ленинградская и Тульская области.

Если мы проанализируем состав Российской академии наук, то увидим, что подавляющее большинство академиков-физиков, химиков, материаловедов и биологов родились далеко от столицы и крупных городов. Потому что одаренные дети рождаются по всей стране. И все они нам очень нужны.

▼ Алина Сучилина и Владислав Крель, ученики 9 класса из Кемерово, стали победителями Детского научного конкурса (ДНК) в 2022 году





Итак, на средства Фонда были созданы центры детского научного и инженерно-технического творчества, в которых дети могут учиться бесплатно. Каждый такой центр посещают от 200 до 600 школьников 5-11 классов.

Здесь с детьми занимаются преподаватели колледжей и вузов, настоящие ученые, инженеры, конструкторы и студенты. И здесь дети работают не только головой, но и руками. Потому что центры прекрасно оснащены современным оборудованием, которое позволяет заниматься конструированием, робототехникой, разного рода исследованиями. Они работают уже 5 лет. Есть ли результаты?

Да, конечно. Их хорошо видно, потому что Фонд каждый год проводит Детский научный конкурс — ДНК, в котором участвуют несколько сот школьников со своими проектами.

Посмотрела каталог лучших работ конкурса 2022 года. Темы очень разные, в том числе и по сложности, что и понятно — ведь здесь и пятиклассники, и одиннадцатиклассники. Но все проекты — прикладные, то есть нацелены на решение конкретных проблем.

Вот, например, Лаврентий Долгий, ученик 5 класса из Новомосковска Тульской области, занялся изучением красной смородины. Понял, что в ней много лимонной кислоты, и предложил использовать красную смородину в качестве природного консерванта при консервировании разных овощей. Не уксус добавлять, а эту ягоду.

Идея, конечно, хорошая, потому что в красной смородине, помимо лимонной кислоты, много всего очень полезного. Она, действительно, дружественный человеку консервант. Другое дело — где ж взять такое количество красной смородины, чтобы обеспечить консервирование овощей в промышленном масштабе. Но, я думаю, Лаврентий разберется, он ведь пока всего лишь в пятом классе.



Ивана Тесленко и Германа Шмидта, учеников 8 класса из Киселевска Кемеровской области, волнует проблема загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами. Действительно, очень болезненная проблема. Мы знаем, насколько живуч полиэтиленовый или полипропиленовый пакет. Он может лежать в почве или водоеме, не разлагаясь, сотню лет. Поэтому химики придумывают разные биоразлагаемые материалы, чтобы снять нагрузку на окружающую среду.

Свой вклад в это дело внесли и кемеровские школьники. Они сделали однослойные и многослойные полимерные пленки из экстракта из красных водорослей. Подобрали оптимальную технологию, как сделать гибкую и прочную пленку, и проверили ее в деле — упаковывали в нее пищевые продукты и следили за тем, как они меняются во время хранения. В общем, если и меняются, то совсем незаметно, если мы говорим о стандартном сроке хранения.

А вот Даниил Хапилов, ученик 11 класса из Ленинск-Кузнецка, сделал пленки совсем другого рода —



▲ Иван Тесленко и Герман Шмидт, ученики 8 класса из Киселевска Кемеровской области, призеры ДНК-2022

◀ Марк Волошин и Тимофей Черкасов, ученики 6 класса из Кемерово, тоже стали победителями ДНК-2022

тонкие, прозрачные и токопроводящие на основе графена. Сделал из сырья, которое буквально лежит под ногами — из отходов угледобычи. Это же Кузбасс! Это же территория, где в земле припасены баснословные запасы угля — десятки миллиардов тонн.

Сегодня в Кузбассе работает 152 угледобывающих и перерабатывающих предприятия: это и шахты, и разрезы, и обогатительные фабрики. В результате активной добычи и переработки угля в Кузбассе скопилось более 300 млн тонн отходов. И с этим надо разбираться.

В мире еще не сложилось единого мнения, как же решать эту проблему. И вот пока большие умы размышляют, Даниил Хапилов взял и разработал технологию получения токопроводящих графеновых пленок из этих самых отходов. Вполне патентоспособная история.

Вот еще одна насущная проблема для промышленных регионов — загрязнение водоемов нефтью и нефтепродуктами. Алина Сучилина и Владислав Крель, ученики 9 класса из Кемерово, сделали

углеродный сорбент, который впитывает нефть и нефтепродукты. А убирать его легко, потому что он магнитоуправляемый. Детали не раскрываю, поскольку это явный патент.

Умная тележка, которая сама следует за покупателем в супермаркете; устройство для мониторинга трещин в зданиях и сооружениях; робот для бесконтактного измерения температуры человека, входящего в здание; полностью автономная система сбора мусора, в основном пластикового, с поверхности воды в прибрежной зоне и на пляжах с помощью дронов; получение флуоресцентных наночастиц углерода из использованных пластиковых пакетов; разработка искусственной нейронной сети, которая обнаруживает лесные пожары в автоматическом режиме по снимкам со спутников; исследование качества очистки сточных вод с помощью микробного топливного элемента; устройства, которые облегчают работу шахтерам, наладчикам оборудования и многое другое. Это все детские проекты, представленные в конкурсе ДНК.

А знаете, что объединяет все эти 40 работ? Их объединяет забота об окружающей среде и человеке. И само по себе это прекрасный результат деятельности центров, которые создал Фонд Андрея Мельниченко — они воспитывают в подростках чувство ответственности за мир, в котором они живут. С такими ребятами и технологический суверенитет — не проблема.



Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Истина связанных состояний

Нобелевскую премию по физике за 2022 год дали Алену Аспе, Джону Клаузеру и Антону Цайлингеру за эксперименты со спутанными фотонами, установление факта нарушения неравенства Белла и пионерские работы по квантовой информатике. Главным применением изученных ими явлений стала квантовая связь, тот самый защищенный от прослушивания квантовый телефон, который год назад связал корпуса МГУ имени М.В. Ломоносова (см. «Химию и жизнь», 2017, 9, 2021, 12). Напомним, что его разработали специалисты физического факультета университета во главе с профессором С.П. Куликом. Поскольку это явление уже не раз обсуждалось на страницах журнала, имеет смысл остановиться на деталях той работы, которую провели будущие лауреаты.

Хлипкий фундамент мироздания

Квантовая спутанность удивительным образом оказалась не просто физическим феноменом, а неким курьезом, которым, впрочем, можно воспользоваться для практических целей. Рассуждения об этом явлении заставили творцов квантовой механики задуматься о фундаменте нашего мира, который при ближайшем рассмотрении оказался весьма зыбким. Суть же такова.

Представим, что пара каких-то квантовых объектов вступила в какое-нибудь взаимодействие, на которое они способны, а потом разошлись. В квантовом мире это означает, что такие объекты приобрели новое ка-

Рене Магритт «Голконда»

чество — их состояния стали спутанными. Что означает это слово? На бытовом языке его можно объяснить так. У спутанных объектов на тот промежуток времени, пока их спутанность не разрушится, а это называется временем когерентности, сами судьбы оказываются связанными. То есть если что-то случится с одним участником пары и он приобретет некое состояние, в тот же миг определенное состояние приобретет и другой, независимо от того, какое расстояние их разделяет. На языке квантовой механики понятие описывают несколько сложнее, но более корректно. Возьмем квантовую систему, которая состоит из двух подсистем. Если ее состояние можно представить, как сумму состояний этих подсистем, значит, они не спутаны. А если так сделать нельзя, если их общее состояние сложнее, чем сумма индивидуальных состояний, значит, подсистемы спутаны.

Представим, что в коробку положили два мяча — черный и белый, а затем два человека оттуда их вытаскивали. Один смотрит на мяч и видит, что тот, скажем, белый. Тогда второй, не глядя, на мяч, знает, что у него в руке — черный. Это пример связанности объектов в классическом мире. Однако в квантовом никто ни в чем не может быть уверен, ведь каждый объект с какой-то вероятностью пребывает сразу во всех возможных состояниях: мяч может быть черным, белым, синим, красным — сколько там состояний у мяча? Цвет он приобретает лишь в тот момент, когда на него посмотрели. И в случае квантовой спутанности в тот же момент второй мяч приобретает свой цвет, противоположенный цвету первого мяча. Результат — как в классическом опыте, однако механизм совсем другой. Такой опыт служит предметом для философского спора: этот первый мяч, он всегда станет белым, когда появится наблюдатель, способный его увидеть? Иными словами, имеются ли у квантовых объектов скрытые параметры, в которых как будто закодированы их состояния? Мяч становится белым потому, что так предопределено? Или же квантовая механика работает полностью и выбор состояния всегда происходит совершенно случайно, без предопределенности?

Вторая особенность этого явления — мгновенность обретения состояния — не столько удивительна, сколько парадоксальна; она противоречит теории относительности, согласно которой никакой сигнал не может распространяться со скоростью, большей скорости света. В случае квантовой спутанности сигнал распространяется с бесконечно большой скоростью. Как все это увязать?

Решение предложили Альберт Эйнштейн, Борис Подольский и Натан Розен в виде парадокса, носящего теперь их имена. Решение такое: либо квантово-механическое описание с использованием волновых функций не полно, либо участвующие в измерениях наблюдатели ни много ни мало принадлежат к разным реальностям. И в каждой такой реальности есть свое предопределение цвета мячей. Сами авторы считали,

что верно первое предположение, и предлагали искать скрытые параметры.

Однако есть и сторонники второго решения. Например, в 1957 году американец Хью Эверетт предложил многомировую интерпретацию квантовой механики. Согласно ей, каждое измерение порождает свою новую реальность, причем между этими многочисленными реальностями нет никакой связи. В результате существует реальность, где у первого человека в руках белый мяч, а у второго — черный. А в соседней реальности наоборот.

Для объяснения этой концепции придумано много идей. Например, что реальность-то у нас все-таки одна, но все множество ее частиц выражено одной мировой волновой функцией. Из-за этого изнутри наш мир можно описать бесконечным числом способов, и каждый будет верен, поскольку Вселенная не обладает конкретным состоянием. Это состояние у нее появится лишь при наличии внешнего наблюдателя, а такового у Вселенной нет по определению.

Базовое неравенство мира

Не станем углубляться в развитие этого и аналогичных философских построений, а обратимся к эмпирике. Как же, находясь внутри столь изменчивого мира, найти хоть что-то определенное? Измерить скрытые состояния либо доказать, что их нет? Задача кажется непосильной, но физики с ней справились.

В 1964 году Джон Белл, работавший тогда в ЦЕРНе, в качестве хобби, а он со студенчества любил тайны квантовой механики, математически проанализировал парадокс Эйнштейна — Подольского — Розена. За это он чуть было не получил Нобелевскую премию 1990 года, но внезапно умер от инсульта в возрасте 62 лет. Математические построения Белла ясно показали, что невозможно на идее скрытых параметров, предопределяющих исход измерения, построить такую теорию, которая объясняет все результаты квантовой механики.

А главное, он вывел неравенство, теперь его называют неравенством Белла, которому должны удовлетворять результаты эксперимента, если в нашей реальности, во-первых, невозможна передача сигнала со скоростью, большей скорости света, и, во-вторых, если результат измерения предопределен какими-то параметрами системы квантовых объектов. Также он показал, как провести эксперимент, где это неравенство будет нарушено. Придуманый Беллом мысленный эксперимент, впрочем, провести было невозможно из-за технических сложностей.

Удача сопутствует смелым

Не исключено, что работа Белла прошла бы незамеченной: спустя десятилетия после того, как революция начала XX века потрясла основы науки, когда знаменитые мировоззренческие споры Эйнштейна

и Бора, Поппера и Витгенштейна ушли в историю, большинству физиков казалось бессмысленным тратить время на выяснение какого-то давнего философского вопроса, связанного со столь непрактичной материей, как основа мироздания. К счастью, нашлась группа энтузиастов, в которую входил и нынешний нобелевский лауреат Джон Клаузер. В 1969 году они придумали эксперимент, который можно провести. Для этого нужно получать пары связанных фотонов, у которых следует измерять такое квантовое свойство, как поляризация. И так делать много раз, чтобы накопить статистику измерений.

Однако кто же даст денег на такую безделицу? Помог случай. Защитив диссертацию в 1970 году по молекулярной астрофизике, Клаузер оказался в лаборатории Калифорнийского университета в Беркли, где должен был заниматься изучением химии межзвездного пространства с помощью радиотелескопа. И так случилось, что в соседней лаборатории в 1967 году Карл Кохер в ходе выполнения своей диссертации построил установку, где изучал пары фотонов, одновременно рожденных в точечном источнике света. Эта установка была еще жива, и Клаузер договорился с научным руководителем, что поработает на ней в перерыве между наблюдениями за Вселенной. В помощь Клаузеру отрядили аспиранта, Стюарта Фридмана, тему работы которого назвали смело: «Экспериментальная проверка теории локальных скрытых переменных».

Два года Клаузер с Фридманом ковырялись в установке Кохера, модифицировали ее так, чтобы провести задуманный эксперимент, и за 200 часов наблюдений доказали: неравенство Белла не выполняется. То есть измерение поляризации одного фотона не только мгновенно ведет к возникновению у другого совершенно определенной поляризации (сигнал передается со скоростью больше скорости света), но и процесс появления у обоих фотонов поляризации совершенно случаен (не зависит от скрытых переменных ввиду их отсутствия).

Дорога к квантовым сетям

Это была еще не победа: в эксперименте не было доказано, что результат совершенно не зависит от устройства установки. Этот недочет в 1982 году устранил Ален Аспе со своими коллегами, собрав в Высшей школе оптики в Орсе более совершенную установку и доказав окончательно, что неравенство Белла для квантовой спутанности не выполняется.

Результат Аспе был не только фундаментальный. Оказалось, что квантовые свойства представляют собой информационный ресурс: с помощью спутанных состояний можно мгновенно передавать информацию на какие угодно расстояния, главное, чтобы не распалась квантовая когерентность между используемыми квантовыми объектами. Такой ресурс привлек интерес

будущих специалистов по квантовой связи и квантовым компьютерам.

Однако важнейший для этого эксперимент провел в 1998 году третий лауреат, Антон Цайлингер, работавший тогда в Институте экспериментальной физики Инсбрукского университета. Он не имел отношения к вопросу о фундаменте мира, который был решен в опытах Клаузера и Аспе. Опыт Цайлингера связан с чудесами квантовой спутанности.

Возьмем две пары спутанных фотонов. В паре они, естественно, спутаны друг с другом, пары же друг от друга не зависят. Теперь отберем по одному фотону из каждой пары и спутаем их. Для этого Цайлингер отправил фотоны через светоделитель, где они вступили во взаимодействие, а потом разлетелись, каждый в свой детектор. Детекторы у обоих измерили поляризацию. Это привело к появлению совершенно определенной поляризации у обоих неиспользованных в измерении фотонов, что надежно фиксировали те детекторы, куда они были направлены.

То есть эти два, никогда не вступавшие во взаимодействие, разлетевшиеся в противоположенные стороны фотоны тоже оказались спутанными. Фактически возникла сеть квантовой спутанности из четырех квантовых объектов. В принципе ее можно наращивать до бесконечности, точнее, предел поставлен временем когерентности, по истечении которого спутанность начинает распадаться. А потом пользоваться для мгновенной передачи информации по этой сети.

Хотя время когерентности для фотонов, распространяющихся в среде, не очень велико, однако, используя спутники, передавать информацию через спутанные фотоны удастся уже на тысячи километров (см. «Химию и жизнь», 2017, 9). В кабельные сети встраивают квантовые повторители; они без спутников обеспечивают квантовую спутанность узлов на расстоянии в километры. Уже при современном уровне техники есть возможность, сочетая спутники и кабель, создать глобальную сеть квантовой связи, и она, очевидно, в обозримом будущем будет создана. Что же касается сетей из многочисленных спутанных объектов, то они имеют самое прямое отношение к пока что не созданным квантовым компьютерам, которые обещают революцию в совершении не цифровых, а логических вычислений.

Вот так успешная попытка разобраться с основами мироздания, найти ответ на вопрос, важность которого кажется сравнимой с вопросом о первенстве яйца или курицы, привело к появлению удивительной технологии. Как тут не вспомнить фразу Л.И. Брежнева из Отчетного доклада XXV съезду КПСС: «Правильно говорится: нет ничего более практичного, чем хорошая теория. Мы прекрасно знаем, что полноводный поток научно-технического прогресса иссякнет, если его не будут постоянно питать фундаментальные исследования».

Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Сознание в пространственно- временном континууме



Рене Магритт «Декалькомания»

*Узок круг этих революционеров.
Страшно далеки они от народа.
Но дело их не пропало.*

В.И. Ленин

На основе спутанных квантовых состояний человек создал защищенную от злоумышленников связь и надеется заполучить квантовый компьютер, возможности которого сопоставимы, а то и превосходят возможности человеческого мозга. А что, если само человеческое сознание есть результат работы квантового компьютера, спрятанного в мозгу?

Несчетное сознание

Ну какой квантовый компьютер может быть в столь агрессивной среде, как человеческий мозг, возмутится просвещенный читатель. Ведь кубит (единица информации в квантовых вычислениях) — это такой субтильный объект, чихнешь рядом с ним, он и потеряет всякую квантовую когерентность. Для работы кубитов требуются чистота, инертность и неподвижность содержащей их среды, сверхнизкие температуры. А тут все растворяющая вода, все трясется от дыхания, от пульсирующей крови, мириады химических реакций идут одновременно. Невозможно представить себе, чтобы квантовые объекты хоть доли миллисекунды сохраняли какую-то память о своих состояниях.

Однако не будем торопиться с выводами, смелым мыслителям есть что ответить на это недоумение.

Строго говоря, ни медики, ни биологи не могут внятно ответить, что такое сознание. В лучшем случае они скажут, что это результат работы нейронов мозга, передающих нервное возбуждение от одного к другому. Философы более радикальны и доходят в своих рассуждениях до того, что сознание вообще выходит за рамки материальной реальности. Возьмем, к примеру, единственного в настоящий момент универсального гения человечества — Роджера Пенроуза, лауреата Нобелевской премии по физике 2020 года за одно из его частных исследований. В своих статьях и книгах он много рассуждает о квантовом сознании. В кратком пересказе его построения могут выглядеть так.

Согласно теореме Гёделя о неполноте, в любой системе знания всегда можно найти исходные поло-

жения, которые невозможно доказать. Это аксиомы; они опираются исключительно на веру. Человек, однако, воспринимает такую веру как данность и несколько не сомневается в справедливости аксиом. Откуда он знает, что они справедливы? По мнению Пенроуза, нет никакой возможности вычислить истоки такого убеждения, а это имеет следствие: значит, и все человеческое сознание невозможно высчитать, оно принципиально несчетно. А где в физике появляются объекты, поведение которых нельзя рассчитать в принципе? Да в квантовой механике. Как это можно себе представить? В мозгу существуют суперпозиции квантовых состояний, которые под действием гравитационного поля постоянно редуцируются, то есть выбирают одно из многих вероятностных состояний (вспоминаем кота Шрёдингера, только изучение его ситуации проводит не наблюдатель, а само гравитационное поле, искажения пространства-времени объектом, обладающим массой).

При каждой такой редукции, согласно многомировой интерпретации квантовой механики, предложенной Хью Эвереттом, формируется новая реальность, то есть, как считает Пенроуз, новое пространство-время, и, значит, сознание не только имеет квантовую природу, но и не принадлежит действующей реальности. Фактически получается, что благодаря квантовым механизмам существует отдельная ментальная реальность, вложенная в реальность физическую, — говорит гений и удаляется из аудитории, отряхивая мел с пальцев. Ну коль скоро мы не гении, нам приходится верить в его слова как в аксиому, предполагая, что гению виднее.

Из фундамента мироздания

От такой модели Пенроуза у понимающего человека волосы должны зашевелиться на голове, поскольку она представляет собой не что иное, как снятие физического запрета на разного рода оккультные и экстрасенсорные практики. В самом деле, если сознание представляет собой не результат физиологических процессов мозга, а отдельную реальность со своим пространством-временем, значит, согласно методам теоретической физики, остается только создать оператор, который обеспечит взаимные преобразования ментального и физического пространств-времен и с помощью такого оператора ментальная реальность станет напрямую влиять на реальность физическую. Кто-то скажет, что такой оператор работает уж миллион лет — это умелые руки представителей рода Ното, которые воплощают всякие придуманные вещи. Однако речь не об этом, не об использовании посредников в виде человеческого тела.

Интересно, что и без всяких операторов умственная игра Пенроуза сразу приводит к астрологическим практикам. Как? А вот так. Гравитационное взаимодействие возникает из-за искажения пространства-

времени массивным телом. На Земле главный вклад вносит масса Земли. Однако свои постоянно меняющиеся искажения вносят и другие тела Солнечной системы, находящиеся в вечном сложном движении относительно нашей планеты. Тогда выбор квантовых состояний, определяющих в модели Пенроуза процесс сознания, станет зависимым от расположения небесных тел на небосклоне. Впрочем, не станем углубляться в эту опасную тему, а займемся более простым делом: посмотрим, как исследователи пытаются найти физическую основу упомянутых Пенроузом квантовых состояний в мозгу.

Первопроходцами на этом тернистом пути оказались Ху Хупин и Ву Маосинь (Huping Hu, Maoxin Wu). Первый, судя по всему, частный исследователь из Биофизической консультационной группы, квартировавшей в частном доме в Стони-Бруке, по соседству со знаменитым американским университетом, а второй работал в Отделении патологии не менее знаменитой нью-йоркской Медицинской школы горы Синай. В 2004 году они опубликовали свою первую статью в журнале *Medical Hypotheses*.

Не будем приводить всю цепочку рассуждений, сразу перейдем к выводу: носителем квантовых свойств в мозгу может быть только спин атомного ядра и ничто иное. После этого утверждения Ху и Ву важно сделать еще одно лирическое отступление. Дело в том, что школьное объяснение спина как «направление вращения элементарной частицы вокруг своей оси» не имеет ничего общего с физической сущностью этого абсолютно квантового свойства. Если подходить строго, то в физической реальности про спин известно лишь то, что он может принимать ряд целых и полужелых значений со знаком плюс и минус. Вот как определяют спин на кафедре общей ядерной физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова: собственный момент количества движения элементарной частицы, имеющий квантовую природу и не связанный с ее перемещением в пространстве как целого. Спин отвечает неотъемлемому и неизменному внутреннему вращательному состоянию, присущему частице, хотя это вращательное состояние нельзя трактовать классически — как вращение тела вокруг собственной оси.

Корректно объяснить, как это понимать и откуда берется вращательное движение которое не есть вращение вокруг своей оси, невозможно. Однако в некоторых современных теориях физики есть мнение, что спин — это не просто одно из многих квантовых свойств материи, а нечто большее — еще более фундаментальная сущность мироздания, чем само пространство-время. Более того, не исключено, что само пространство-время представляет собой проявление спина, оказывается спиновой пеной. Тогда, если сознание есть порождение спина, то оно оказывается напрямую укорененным в самом фундаменте нашего мира.

Спины Ху и Ву

Однако вернемся к той части физической реальности, которая более-менее дана нам в ощущениях. В ней человеческий организм состоит из атомов углерода, водорода, кислорода, азота и в меньшей степени фосфора, серы, кальция, натрия, калия и хлора. Все остальные элементы представлены в нем ничтожными добавками, отвлекаться на которые имеет смысл, лишь разобравшись с основной десяткой элементов и посчитав их спины. Вот список стабильных изотопов этих элементов: ^1H , ^{12}C и ^{13}C (1%), ^{16}O , ^{14}N , ^{23}Na , ^{31}P , ^{32}S и ^{34}S (4%), ^{35}Cl (76%) и ^{37}Cl (24%), ^{39}K , ^{40}Ca и ^{44}Ca (2%). На что надо смотреть в этом списке? На четность числа нуклонов: четные ядра имеют спин равный 0, кроме как у азота, у которого он равен 1. С нечетными тоже не все одинаково: только у водорода-1, фосфора-31 и углерода-13 он равен 1/2, а у остальных 3/2. Это важно.

Дело в том, что у ядер со спином 1/2, и только у них, имеется лишь магнитный момент и нет электрического. То есть чтобы провести какую-то манипуляцию с таким спином, нужно приложить магнитное поле, а сильные магнитные поля в организме редки. Это значит, что состояния у таких атомов живут долго. А у ядер со спином больше 1/2 имеется еще и квадрупольный электрический момент. Как следствие, на такой ядро непрерывно действует постоянно меняющееся вокруг него электрическое окружение, и состояние живет очень недолго, мельчайшие доли секунды.

Поэтому если думать о спинах как основе квантового сознания, то, кроме водорода-1 и фосфора-31, никаких иных атомов в человеческом организме и, соответственно, в его мозгу в сколько-нибудь значимом количестве нет. Случайно появляющийся в клетках углерод-13 учитывать явно не стоит, он, если что и делает, так вносит ошибки

Сознание на водороде

Основываясь на спинах водорода и фосфора, Ху и Ву построили первую модель квантового сознания. Согласно введенным ими постулатам, в мозгу имеются пиксели сознания; в них осуществляется квантовая запутанность спинов водорода и фосфора. Такими пикселями служат участки мембран нейронов, ведь эти мембраны состоят из фосфолипидов: в каждом из них есть закономерно расположенные один атом фосфора и несколько десятков атомов водорода.

Почему спины перечисленных ядер должны образовать спутанное состояние, Ху и Ву не сообщают, но в принципе системы даже из миллиардов атомов, в которых спины были бы спутанны, физикам известны. Стало быть, если спутанность в участке мембраны нейрона возникнет, в этом не будет ничего удивительного. А единичный акт сознания, по мнению Ху и Ву, случится при разрушении этой спутанности, для

чего требуется изменить спин хотя бы одного атома пикселя. Как это сделать? Нужно, чтобы рядом с ним оказалась парамагнитная молекула. И выбор тут опять невелик: молекулярный кислород и оксид азота; лишь эти двое обладают магнетизмом и в большом количестве путешествуют по мозгу. Их магнитные моменты велики: у кислорода он в 1316 раз, а у оксида азота в 658 раз больше, чем у атома водорода.

Быстро перемещаясь по мембране, сталкиваясь с ее структурами, эти молекулы создают мощные флуктуирующие магнитные поля, которые меняют квантовые состояния пикселей сознания. Как наличие спутанного спинового состояния внутри такого пикселя, так и его распад в силу законов спиновой химии могут влиять на протекание химических реакций в нейроне: какие-то из них могут быть запрещены, а какие-то, наоборот, разрешены при разных состояниях пикселя сознания.

Кроме того, эти состояния сказываются и на картине колебаний мембран нейронов. Например — распад пикселя, подобно камню, брошенному в воду, неизбежно порождает колебания. А это в конце концов влияет на работу нейронной машины, которая формирует потенциал действия и прохождение нервного импульса. Что все и видят на выходе, когда человек совершает разумные действия. Если не вдаваться в детали, по Ху и Ву, выходит, что действие стало следствием разрушения квантового пикселя сознания молекулой кислорода или оксида азота.

Влияние светил?

А что там было про механизм Пенроуза и встроенность сознания в саму структуру пространства-времени? Ситуация забавная. Согласно базовой идее, внешнее по отношению к системе поле, например гравитационное, как будто постоянно измеряет квантовое состояние спиновой системы. И тут срабатывает апория Зенона о стреле: летящая стрела неподвижна, так как в каждый момент времени она занимает равное себе положение, то есть покоится; поскольку она покоится в каждый момент времени, то она покоится во все моменты времени, то есть не существует момента времени, в котором стрела совершает движение.

В квантовой интерпретации этот парадокс формулируется так: время распада метастабильного квантового состояния некоторой системы прямо зависит от частоты событий измерения ее состояния; в предельном случае частица в условиях частого наблюдения за ней никогда не перейдет в другое состояние. Этот парадокс доказан экспериментально: например, если попытаться перевести атом в другое состояние с помощью радиоизлучения и одновременно измерять его состояние ультрафиолетовым лучом, то переход провести гораздо труднее, чем без луча.

Стало быть, если гравитационное поле, как предполагает Пенроуз, измеряет состояния спиновой системы, то оно способствует стабилизации этой си-

стемы. Ну а уж если система распадется, то поле определит, на какие состояния она распадется и, значит, из каких состояний будет создан пиксель сознания в следующем акте. От этого состояния будет потом зависеть и воздействие пикселя сознания на мембрану нейрона. Вот так легко удастся связать с локальной геометрией пространства-времени и квантовое состояние сознания, и потенциал действия нейрона. То есть поведение человека.

Интересно, что, если вообразить, будто такие «измерения» может проводить не только гравитационное поле, но и магнитное, на работе этой квантовой машины скажется поведение по меньшей мере двух тел Солнечной системы: Луны и Солнца, которые постоянно изменяют геомагнитное поле Земли, вызывают его длинноволновые колебания. Ну да про воздействие этих небесных тел на психику человека известно: это и сомнамбулизм, бессознательное гуляние по ночам, которое случается чаще всего в полнолуние, и подмеченная А.Л. Чижевским зависимость поведения больших масс людей от событий на Светиле.

Спиновая анестезия и другие доказательства

Как видно, модель Ху и Ву при всей своей экстравагантности, весьма умозрительна, хотя и не противоречит принципам физики и химии. Авторы видят этот недостаток и пытаются как-то исправить, найти доказательства своей правоты в различных наблюдениях. По их мнению, модель отлично объясняет явление анестезии.

В самом деле, у физиологов есть два объяснения, которые ничего не объясняют, хотя и дают направление поиска новых средств анестезии. Так, липидная теория предполагает: анестетик растворяется в клеточных мембранах, нарушает работу расположенных в них ионных каналов и рецепторов, которые участвуют в работе мозга. Белковая теория утверждает: анестетик непосредственно взаимодействует с мембранными белками, то есть теми же ионными каналами и рецепторами. Выходит, что анестетик в обеих теориях серьезно поражает всю работу мозга. Почему это отключает только сознание и только его, оставляя все другие управляемые мозгом системы организма в рабочем состоянии, остается неясно.

Модель Ху и Ву дает иное объяснение. Анестетик, растворяясь в мембране, мешает движению по ней кислорода и оксида азота. Соответственно, спутанность квантовых состояний в пикселях сознания прекращает разрушаться. А коль скоро акт сознания происходит при ее разрушении, значит, сознание у человека не работает, но не работает только оно; вся физиология, что подчиняется классической механике, работать продолжает. Аналогичный эффект приводит к потере сознания летчиками при внезапной разгерметизации кабины самолета: при этом резко падает

содержание кислорода в крови, однако это не может мгновенно прервать жизненные процессы. Нарушить же квантовую механику сознания — вполне.

Конечно, такое объяснение можно принять на веру, можно от него отмахнуться, однако истинный ученый никогда не откажется от шанса заглянуть в бездну неведомого. Например, в 2018 году большая группа китайских специалистов из четырех научных организаций Ухани во главе с доктором медицины и философии Чжаном Шихаем (Shihai Zhang) из Отделения анестезии Объединенного госпиталя решили посмотреть: а влияет ли каким-то образом спин на действие анестетика? Идеальным анестетиком такого рода служит ксенон: у него есть четыре стабильных изотопа: ксенон-129 со спином $1/2$, ксенон-131 со спином $3/2$, ксенон-132 и ксенон-134 с нулевым спином.

Опыты ставили на мышах и по известной методике определяли, при какой дозе животное теряет сознание. Так вот, оказалось, что ксеноны с полужелыми спинами, то есть обладающие магнитным моментом ксенон-129 и -131 действуют хуже всего: для отключения мыши первого требовалось в два раза больше, чем ксенона со спином 0. Ксенон-131 со спином $3/2$ был несколько успешнее, но чуть-чуть, на 6%. Поскольку химические свойства всех этих изотопов одинаковы, эффект приходится списывать на физические. Это либо какие-то чудеса со спиновой химией (что странно, ведь инертный газ не вступает в химические реакции, а спин может запретить или разрешить именно химическую реакцию, приводящую к объединению разных атомов в одну молекулу), либо — на квантовые эффекты. Если работают такие эффекты, видимо, ксенон с полужелым спином не только препятствует движению кислорода и оксида азота по мембране нейрона, как это делает любой ксенон, но и сам вместо них неплохо разрушают квантовую спутанность в пикселях сознания, как это нужно для задержки анестезии по модели Ху и Ву.

Свежее исследование провели и опубликовали в 2022 году Христиан Керскенс и Давид Перец (Christian Matthias Kerskens, David López Pérez) из Дублинского университета. Они не стали выдвигать гипотез о сути квантовой машины сознания, а использовали постулат о том, что если есть две известные квантовые системы, то некая неизвестная квантовая система, провзаимодействовав с ними, может обеспечить создание спутанного состояния. По их мнению, известными системами служат молекулы воды, точнее, имеющиеся в них атомы водорода со своими полужелыми спинами, а неизвестной системой — какой-то процесс в мозгу. Согласно постулату, если эта неизвестная система классическая — никакой квантовой корреляции спинов водорода не будет, только классическая из-за дипольных взаимодействий. А если в мозгу имеется квантовая система, то она обеспечит чисто квантовую корреляцию спинов водорода. Уз-

нать что-то об этих спинах можно методом ядерного магнитного резонанса, благо соответствующие установки используют в здравоохранении, то есть ставить опыты с участием людей нетрудно.

Дублинские исследователи, как они считают, подобрали такие условия работы установки ЯМР, которые подавили все сигналы, связанные с классическими корреляциями спинов водорода, и, значит, сигнал возможен только от квантовых эффектов. И такой сигнал им удалось зафиксировать! То есть удалось встать на след какого-то квантового процесса в мозгу.

Интересным оказалось поведение сигнала при задержке дыхания и во сне. В первом случае сигнал резко возрастал. А из модели Ху и Ву мы знаем, что кислород разрушает пиксели сознания. Это логично: кислорода при задержке дыхания становится мало, значит, сохраняется больше областей квантовой корреляции, они и проявляют себя сильнее как квантовый посредник формирования спутанных состояний водорода в окружающей воде. А вот во сне интенсивность, напротив, снижается, что странно, поскольку означает: пиксели сознания разрушаются в большем количестве. Казалось бы, так должно быть при бодрствовании, однако выходит, что во сне сознание человека работает интенсивнее. Ну если принять модель Ху и Ву и ее объяснение из опыта Керскенса и Перца.

Сами авторы осторожничают и пишут, что, мол, конечно, очень похоже, что мы нашли следы квантовой корреляции спинов, которую вызвал какой-то чисто квантовый процесс сознания, однако нужно бы убедиться. В любом случае найдены неизвестные сигналы ЯМР, которые надо изучать и, возможно, использовать для науки и для здравоохранения.

Квантовый компьютер Фишера

В модели Ху и Ву квантовая спутанность спиновых состояний обеспечивается как-то сама собой и, в сущности, в работе сознания не учитывается: пиксели сознания выглядят как обособленные сущности, и вся спутанность есть в пределах самого пикселя. Однако главное следствие спутанности — возможность квантовой телепортации, мгновенное одновременное изменение состояния всех спутанных объектов, разделенных каким угодно расстоянием. Именно телепортация состояний нужна, чтобы в рамках квантовой модели объяснять как непревзойденное быстроедействие, так и колоссальную мощь человеческого сознания, если мерить их относительно таких же качеств классического компьютера. Оказывается, исправить этот недостаток можно, и такую возможность рассмотрел в 2015 году Мэтью Фишер (Matthew P. A. Fisher) с физфака Калифорнийского университета в Санта-Барбаре.

В качестве способного к телепортации кубита он взял так называемую молекулу Познера, $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$.

В ней 8 атомов кальция расположены в углах куба, один — посередине, и шесть остатков фосфорной кислоты лежат на гранях. Эту молекулу в 1975 году исследователи из Корнеллского университета Аарон Познер и Фостер Беттс (Aaron S. Posner, Foster Betts) разглядели в составе слагающего кости гидроксиапатита, а потом предположили, что именно из таких образований, свободно плавающих в крови и межклеточном матриксе, организм строит твердые конструкции.

По мнению Фишера, этим функции молекул Познера не ограничиваются. Помимо материала для строительства костей, они могут выступать средством транспортировки кальция и фосфора к месту использования в нейронах. И это важно. Ведь кальций дает сигнал на выработку нейромедиаторов, ну а без фосфора нельзя собрать молекулу, переносящую энергию внутри клетки — АТФ.

Квантовый компьютер мозга, по Фишеру, работает так. В молекуле Познера лишь фосфор обладает полужелым спином, то есть только он способен долго сохранять свое квантовое состояние. Квантовая спутанность атомов фосфора возникает, когда фермент пирофосфатаза разделяет остаток от молекулы пирофосфата, $P_2O_7^{4-}$, на два остатка фосфорной кислоты PO_4^{2-} . В силу законов квантовой химии спиновые состояния атомов фосфора в этих двух остатках завязаны друг от друга. То есть они оказываются спутанными. Останься эти остатки на свободе, спутанность продолжалась бы не более десяти миллисекунд. Однако если они войдут в состав молекулы Познера, ситуация качественно изменится. Квантово-механический расчет показывает, что в ней состояния практически консервируются: время жизни исчисляется сутками! Причина такой стабильности — в упомянутом строении молекулы, которое оказалось уникальным.

В игре участвуют два спутанных фосфора, которые могут войти не в одну молекулу, а в две. Тогда уже обе они окажутся спутанными. То есть изменение состояния одной неизбежно и моментально вызовет изменение состояния другой. Самое простое последствие: растворение одной молекулы вызывает растворение второй и одновременное высвобождение из них ионов кальция в двух разных нейронах. А дальше все просто: приток лишнего кальция в цитоплазму активирует оба нейрона, включает в них машину, которая ведет к формированию импульсов действия. В общем, по мозгу станут параллельно распространяться две мысли.

Однако в молекуле Познера имеются шесть фосфоров. Совсем не исключен вариант, что в одну из спутанных молекул войдет еще один фосфор, уже из другой спутанной пары. А спутанный с ним фосфор окажется в третьей молекуле. Итог: все три молекулы будут спутанными. При благоприятном стечении обстоятельств в мозгу формируется сеть из спутанных молекул Познера, которые могут быть распределены по многим нейронам.

В сущности, это не что иное, как квантовый компьютер из множества молекул-кубитов, состояние которых меняется синхронно. То есть какая-то информация мгновенно передается сразу во множество нейронов, а то и отделов мозга, ведь для квантовой телепортации нет расстояний. А результат вычислений проявляется в виде последовательности распадов молекул Познера и вызванной этим активации нейронов, где такие распады проходят с формированием действия. В сущности — как и в модели Ху и Ву, где распад пикселей сознания также ведет к активации нейронных машин.

Поиск программиста

Модель Фишера дает несколько более конкретный механизм работы квантового компьютера мозга, однако оставляет открытыми ничуть не меньше вопросов. Скажем, в этой модели никак не просматривается механизм анестезии, которым так гордятся Ху и Ву. Ни в той, ни в другой модели не обсужден феномен ЯМР, а ведь в этом методе исследование идет именно за счет возбуждения спинов водорода внешним полем, однако на сознании пациента это никак не сказывается. И совсем вне поля зрения остается тот программист, который управляет квантовым сознанием.

В теории компьютера программист пишет программу, задает квантовые состояния кубитов, формирует их суперпозицию. Далее, меняя состояния кубитов, проводит некие логические и вычислительные операции и в конце концов выясняет, какая суперпозиция вышла. В мозгу, как следует из моделей что Ху и Ву, что Фишера, программиста не видно и все происходит достаточно случайно. То есть никакого осмысленного результата от таких вычислений ожидать не приходится, а ведь чтобы сознание работало, результат должен быть как раз вполне осознанным.

Конечно, если встать на точку зрения Пенроуза, если считать, что квантовым процессом в мозгу управляет сама по себе структура пространства-времени, а то и сила, которая за этой структурой стоит, можно составить некоторое представление о программисте.

Однако, оставаясь в рамках материализма, хочется найти другие объяснения и механизмы. И надежды на это есть, коль скоро идея квантового сознания сформулирована. И не только сформулирована. Уже созданы первые модели, собран некоторый экспериментальный материал, который может свидетельствовать, что такая идея не лишена оснований. Поэтому, в силу аксиомы о неостановимости процесса познания, когда-нибудь мы все-таки узнаем и о деталях механизма, и о программисте, который управляет сознанием через квантовую систему. Как там у Ленина: «Декабристы разбудили Герцена, Герцен развернул революционную агитацию...».



РЕЗУЛЬТАТЫ: НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ

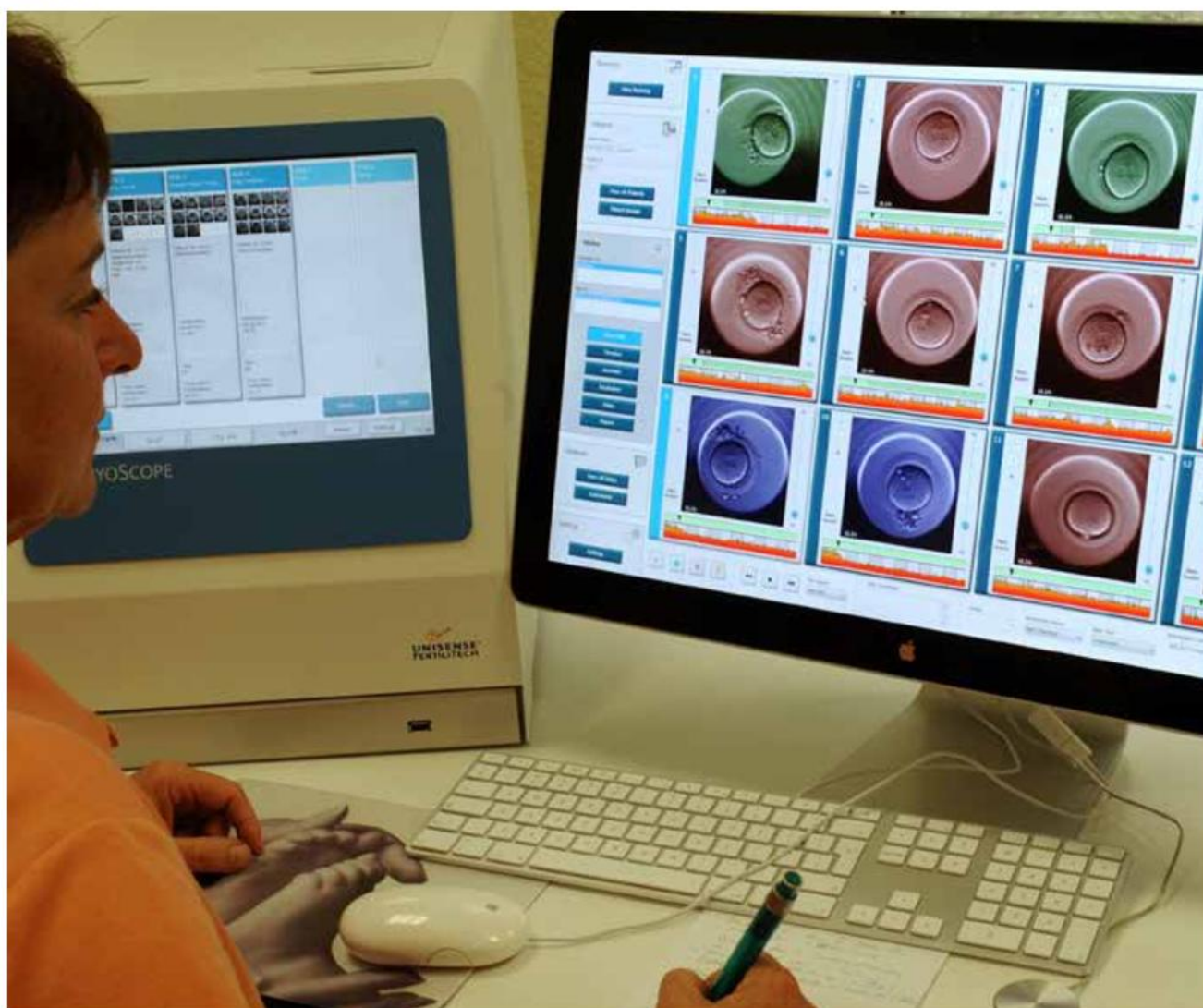


Фото ТАСС

Развязка столетних дебатов

Членистоногие — это самая процветающая группа живых организмов с точки зрения распространенности и разнообразия их видов, которых описано более миллиона. Они принадлежат к беспозвоночным и включают в себя насекомых, раков, пауков, мечехвостов и многоножек. Их конечности и тела состоят из сегментов. Биологи давно знают, что мозг современных видов членистоногих и некоторых из их ископаемых предков также сегментирован. Как возник сегментированный

мозг? Биологи всегда считали, что он появился в результате слияния нервных узлов, ганглий. Они расположены в частях туловища членистоногого и образуют его центральную нервную систему.

В 1984 году в горах провинции Юньнань китайские палеонтологи раскопали окаменелые останки небольшого животного, жившего примерно полмиллиарда лет назад в период кембрийского расцвета. Это членистоногое под названием *Cardiodictyon catenulum* принадлежало к вымершей группе бронированных лобопод. Обитатель морского дна был мягок и очень мал, его длина не превышала полутора сантиметров. Он был похож на гусеницу или червяка с крупной головой и ножками. Самые его близ-

кие родственники — это бархатные черви, обитающие в Австралии, Новой Зеландии и Южной Америке. Найденный вид оказался древнейшим из известных науке членистоногих. Он даже старше знаменитых морских трилобитов, вымерших четверть миллиона лет назад.

Детальное исследование останков находки идет до сих пор. В статье профессора Аризонского университета Николаса Стросфилда (Nicholas Strausfeld) и доктора Фрэнка Хирта (Frank Hirth) из Королевского колледжа Лондона, появившейся в журнале *Science* в ноябре, подведен итог десятилетней работы по изучению уникального ископаемого. Особый интерес у исследователей вызвала хорошо сохранившаяся нервная система.

Это самый древний известный ныне мозг. К удивлению ученых оказалось, что и он, и голова древнего существа не состоят из сегментов. Это значит, что мозг и нервная система туловища развивались отдельно. По-видимому, окаменелость заставит переписать разделы учебников биологии, посвященные эволюции мозга членистоногих.

Ученые также сравнили анатомию *Cardiodictyon* с его многочисленными родственниками среди вымерших и ныне живущих членистоногих и на основе современных генетических данных пришли к выводу, что общий план строения мозга членистоногих сохранился с кембрия до наших дней. Открытие авторов подтверждает непрерывность и преемственность эволюции мозга, несмотря на радикальные изменения, произошедшие на планете за последние полмиллиарда лет.

Профессор уверен, что значение работы его группы выходит за рамки единства мозга членистоногих. Сравнение нервной системы членистоногих с таковой у позвоночных показывает, что у тех и других строение и генетика головного мозга отличаются от спинного.

Повторение — мать учения

Этой теме посвящен обзор профессора психологии из Университета штата Айова Шэны Карпентер (Shana K. Carpenter) и двух ее коллег под названием «Наука эффективного обучения с практикой перерывов и повторений». Работа, появившаяся в октябре в *Nature Reviews Psychology*, содержит ссылки на статьи о методах обучения, которые появились за последнее столетие.

Главный вывод состоит в том, что ключ к эффективному усвоению любого знания — это совмещение двух методов. Это постепенное с перерывами освоение информации и ее повторение. Авторы указывают, что такие практические методы все еще не находят в учебных заведениях должной поддержки.

Прерывистое получение знания предполагает постижение его небольшими дозами. Для подтверждения этого тезиса авторы ссылаются на более чем две сотни публикаций. Профессор Шэна Карпентер приводит пример работы, в которой дана статистика обучения студентов-медиков хирургии. Группа, которая в течение трех недель проходила практические занятия с повторами, гораздо успешнее и быстрее сдала контрольные тесты, чем студенты, освоившие тот же материал за один день. Проверку проводили спустя полмесяца и год после занятий. Пример, надо сказать, вполне хрестоматийный. Студенты знают, как мало дает ночная возгонка знаний перед экзаменом по сравнению с регулярным посещением лекций и семинаров.

Авторы пишут, что универсального правила для выбора интервалов между практическими занятиями нет. Эффективнее всего возвращаться к материалу после того, как забыта лишь его часть, но не весь он целиком. Такое повторение может иметь самые разные формы, к примеру тесты или написание небольших проектов. Повтор должен помочь учащимся четко понять, что они знают, а что нет. Быстрая проверка результатов и выявление ошибок делает такое обучение более эффективным.

Очень модная в наше толерантное время всеобщей образованности тема дистанционного обучения составляет особый предмет академического обзора. Авторы видят причину недостаточного применения описанных выше приемов в популярности концепции легкого знания. Она состоит в том, что обучение должно приносить удовольствие учащемуся, чтобы быть успешным. Просто приятное перечитывание учебника и повторение основных мыслей создает то, что называют иллюзией обучения. Авторы исследования обсуждают выставление оценок и тот факт, что многие люди не любят делать ошибки и испытывают отрицательные эмоции по этому поводу.

Статья акцентирует внимание на применении цифровых методов для внедрения двух основных методов обучения, однако не утверждает их исключительность. В качестве

альтернативы психологи приводят примеры обучения математике в начальной школе с постоянными повторениями. Тем, кто учился в достойных российских школах, эти примеры хорошо знакомы. Видимо, следуя моде и противореча самим себе, авторы подчеркивают, что успешные учителя не ставили оценки детям.

«Умение учиться гарантирует, что куда бы вы ни двинулись после окончания своего формального образования, вы будете знать, как освоить любой предмет и стать в нем успешным», — говорит профессор Карпентер. По убеждению авторов, выраженному в преамбуле к статье, «обзор имеет важные приложения для ситуаций, когда учащиеся должны отслеживать и регулировать свое обучение». По-видимому, университетские психологи сильно переоценивают свой труд. Их выдающиеся мысли очевидны любому школьному учителю и выпускнику приличного вуза.

Вселение страха

Страх — одно из самых сильных чувств. Ужасающее событие, пребывание на грани жизни и смерти, трудно, а иногда и невозможно забыть. К примеру, люди, испытавшие ужас вооруженного ограбления, часто нуждаются в психиатрической помощи. В то же время обыденные события вспоминать с годами все сложнее. Отчего так происходит?

Этой проблемой задались профессор клеточной и молекулярной биологии Джеффри Таскер (Jeffrey Tasker), профессор психологии Джонатан Фэдок (Jonathan Fadok) из университета Тюлейн и профессор нейронаук Джейми Магайр (Jamie Maguire) из университета Тафтса. Исследователи изучали, как формируется память об испытанном страхе в эмоциональном центре мозга, миндалине. Во время опытов на мышах они обнаружили нейромодуляторный механизм этого явления. Работа опубликована в рейтинговом журнале *Nature Communications* в июне.

Биологи установили, что норадреналин, нейротрансмиттер стресса, стимулирует координацию между

нейронами базолатеральной части миндалины. Гормон возбуждает определенную популяцию тормозных нейронов в ней и заставляет их цепи генерировать повторяющиеся всплески электрических разрядов. В свою очередь, эти электрические сигналы изменяют частоту колебаний волн гамма-ритма мозга в миндалине. Этот переход от спокойного состояния к возбужденному формирует память о страхе.

Ведущий автор работы профессор Таскер отмечает, что открытый его командой нейромодуляторный механизм вполне может вызвать посттравматический синдром, который возникает в разных ситуациях, в том числе при участии в боевых действиях, и не позволяет забыть экстраординарное событие. Профессор надеется, что работа поможет в поиске методов лечения этого серьезного психического расстройства, поэтому намерен ее продолжать.

Алкоголь и зародыш

Ученые часто изучают головной мозг с помощью его тканей, выращенных *in vitro* из стволовых клеток человека. Эти так называемые органоиды развиваются подобно коре головного мозга, отвечающей за высокоуровневые функции. На этот раз трехмерные органоиды понадобились исследователям, чтобы выяснить, как алкоголь на молекулярном, клеточном и тканевом уровнях будет влиять на рост первичных нервных клеток, моделирующих развитие мозга человеческого зародыша. Работу проделала группа ученых Калифорнийского университета в Сан-Диего, которой руководила профессор медицинской школы Элиссон Муотри (Alysson R. Muotri). В ноябре этого года статья была напечатана в журнале *Molecular Psychiatry*.

Вопрос о влиянии алкоголя на мозг зародыша возник не случайно. По экспертным оценкам, от 1,1% до 5% школьников США подвергались воздействию алкоголя в утробе матери. Клиницисты хорошо знают, что употребление алкоголя будущими

матерями приводит к изменению активности и типа нервных клеток будущего ребенка, а значит, к целому спектру его заболеваний и нарушений. Это, например, задержка в росте и физическом развитии. Даже если ее нет, необратимые процессы ведут к измененному поведению и снижению способности к обучению.

Авторы подвергали органоиды действию алкоголя на разных этапах их роста, соответствующих развитию человеческого зародыша. Экспериментаторы обнаружили множественные патологии в развитии клеток, изменения их цитоскелета, нарушения при образовании синаптических связей между нейронами, то есть сетевой структуры мозга и пр. Ученые также отслеживали электрическую активность органоидов и зафиксировали ее отклонение от нормальной. Влияние алкоголя было однозначно отрицательным, а причиняемый им вред оказался глубоким и многосторонним.

По мнению исследователей, их эксперименты стали шагом вперед по сравнению с экспериментами на животных. Авторы работы уверены, что модельные органоиды позволяют точнее и глубже оценить влияние алкоголя. Они надеются на создание медикаментов, сдерживающих и предотвращающих изменения в мозге зародыша. Но кому будут назначать эти лекарства? Пьющим мамашам? Эта идея выглядит странной.

В отличие от следующей новости вывод ученых однозначен. Безопасной дозы для беременных не существует, любая порция алкоголя опасна для развития зародыша и здоровья будущего ребенка.

Мозг бытовых пьяниц

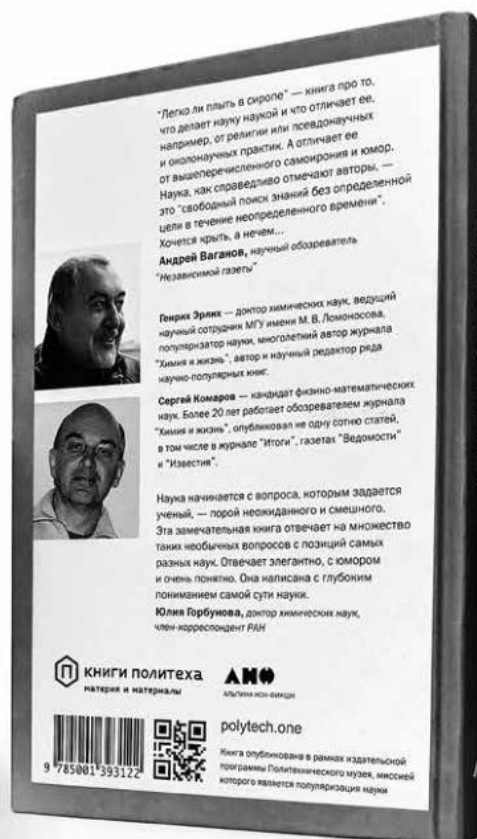
Как известно, мозг сложен из серого вещества с нейронами и другими компонентами и белого вещества, состоящего в основном из волокон нейронов. Давно ясно, что алкоголь в больших дозах очень плохо влияет на обе ткани мозга. Он вызывает разрушение серого вещества, смерть его нейронов и дезинтеграцию волокон белого вещества. Ну а в малых дозах?

Этим вопросом заинтересовалась группа социологов и психологов из университетов США и Европы во главе с доктором Реми Девит (Remi Daviet) из Школы бизнеса Висконсинского университета в Мэдисоне. Ученые провели всесторонние статистические исследования на основе биобанка Англии. Это самая большая база данных о 37 тысячах здоровых британских граждан европейского происхождения, которая содержит качественные томограммы их мозга и сообщенные ими за последний год данные о потреблении алкоголя и социальном положении. Работа опубликована в журнале *Nature Communications* в марте.

Исследователи изучили связи между потреблением алкогольных напитков респондентов в возрасте 40–49 лет и структурой и объемами их серого вещества, а также строением их белого вещества. Дозы ученые измеряли порциями, эквивалентными 8 граммам этанола. До исследования мнения о влиянии на мозг употребления алкоголя в средних и малых количествах (1–2 порции в день) разнились.

Результаты оказались неутешительными. Алкоголь уменьшает общий объем мозга и местный объем серого вещества, а также изменяет микроструктуру белого. Эти корреляции начинают проявлять себя с одной-двух порций ежедневно и возрастают с увеличением дозы. Для женщин нижняя предельная доза на четверть меньше. Таким образом, проблемы начинаются с 50–100 грамм спиртового эквивалента в неделю. Говоря по-русски, стопарик в день — и ты болен на голову.

Выпуск подготовил
А. Гурьянов



Книги

Легко ли плыть в сиропе?

**Откуда берутся странные
научные открытия**

Генрих ЭРЛИХ, Сергей КОМАРОВ

Альпина нон-фикшн, 2021



Очередная прекрасная
книга наших авторов

ИЗ КНИГИ ВЫ УЗНАЕТЕ:

- **ЗАЧЕМ** годами смотреть на каплю битума, считать сперматозоиды в кока-коле, коллективно думать о мире или выбирать начальника жребием?
- **ПОЧЕМУ** настоящий ученый не побоится влезть в шкуру козла, заселить клещей в свое ухо, полвека хрустеть пальцами одной руки или жалить себя пчелами в самые разные места?
- **КАК** работают приманиватель молодежи, отпугиватель голубей, переводчик со звериного, поцелуи, мнимые числа и, вообще, легко ли плыть в сиропе...

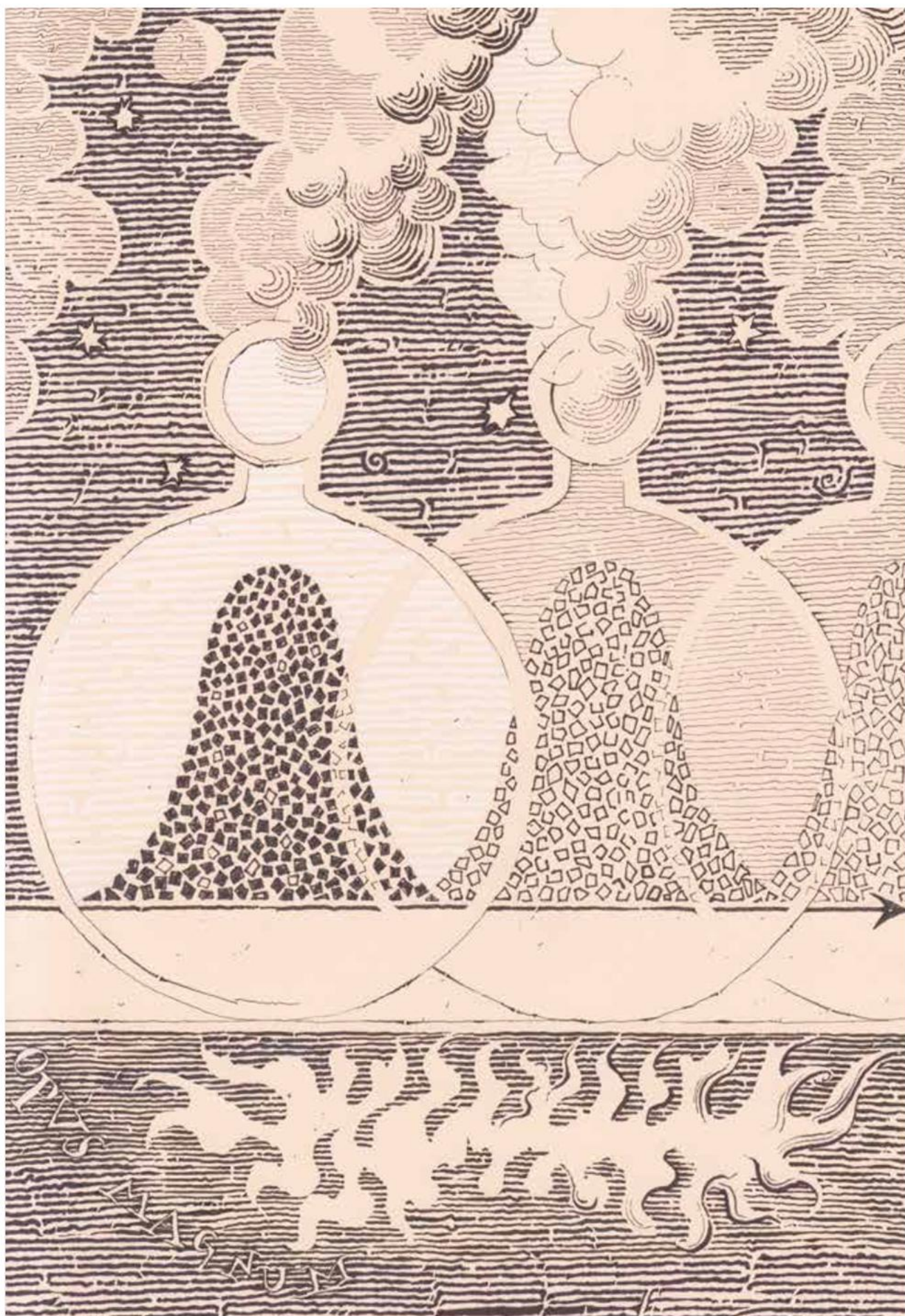
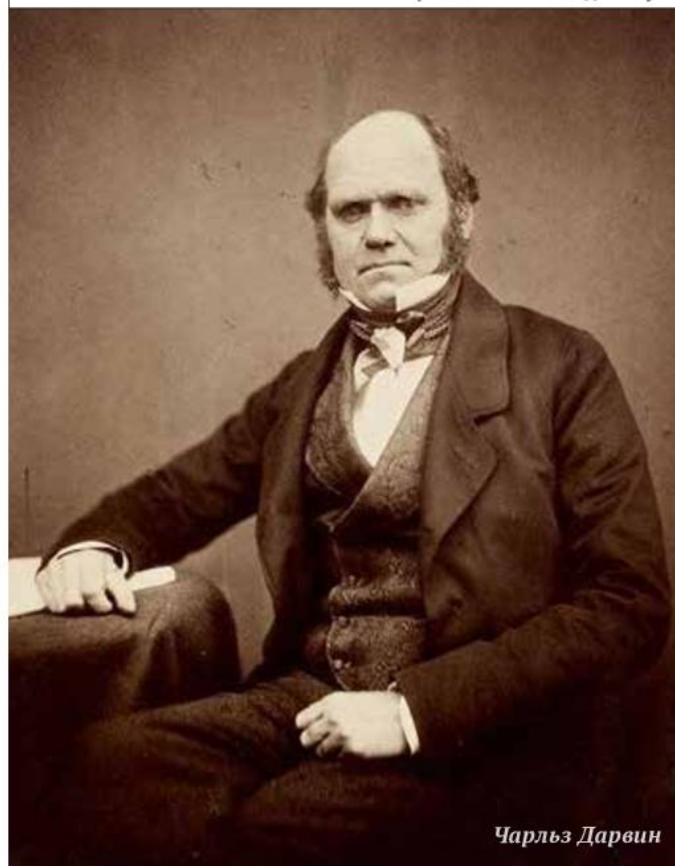


Иллюстрация Петра Перевезенцева

Иногда высказывалось мнение, что успех «Происхождения» только доказывал, что «вопрос уже носился в воздухе» и что «умы были к нему подготовлены». Но я не думаю, чтобы это было верно... Раза два или три пытался я объяснять очень способным людям, что разумею под «естественным отбором», но совершенно безуспешно. Безусловно верно, я думаю, только то, что в умах натуралистов уже успели накопиться бесчисленные и точно наблюдаемые факты, ожидавшие только ясной теории, в которой они нашли бы себе надлежащее место.



Чарльз Дарвин

Сергей Ястребов

Молекулы, организмы и естественный отбор

Имя Чарльза Дарвина слышал каждый. Третью веку назад лауреат Нобелевской премии по химии Манфред Эйген назвал дарвиновский естественный отбор важнейшим законом природы. Но понимание идей Дарвина до сих пор вызывает трудности даже у образованной публики. Неужели невероятно сложные формы живых организмов образуются на основе обычных мутаций — в сущности, случайных поломок? Достаточно ли этих мутаций для эволюции? Наконец, актуальна ли теория Дарвина сейчас — в начале XXI века? Попробуем ответить на эти вопросы, опираясь на работы современных ученых.

В середине XIX века два ученых, работавших в разных странах и в разных областях естественных наук, почти одновременно сделали два открытия, которые в тот момент выглядели совершенно не связанными между собой.

Первым из этих ученых был всем известный Чарльз Дарвин. В 1859 году вышло первое издание его книги «Происхождение видов путем естественного отбора», где был описан вероятный механизм биологической эволюции. Началось победное шествие дарвиновской теории.

Через два года, в 1861 году, русский химик Александр Михайлович Бутлеров опубликовал статью под скромным названием «К истории производных метилена». Он обнаружил, что нагревание формальдегида в щелочной среде приводит к синтезу сахаристых веществ. Реакция Бутлерова уже дважды обсуждалась в журнале «Химия и жизнь» — в статье В.Н. Пармона «Новое в теории появления жизни» (2005, № 5) и в

статье М.А. Никитина «Проблема хиральной чистоты» (2013, № 3), поэтому здесь мы обойдемся без химических подробностей.

Ни Дарвин, ни Бутлеров, скорее всего, и не подозревали, что подошли с разных сторон к исследованию одного и того же чрезвычайно масштабного явления. Общепринятый термин для обозначения этого явления появился только через сто с лишним лет. В 1976 году вышла книга Ричарда Докинза «Эгоистичный ген», в которой автор ввел понятие *репликатора*.

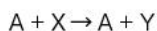
Репликатором называется молекула, способная в подходящей среде создавать копии самой себя. Иногда понятие репликатора расширяют, охватывая не только молекулы, но и куда более сложные структуры. Но принцип всегда один: репликатор — это объект, так или иначе содействующий созданию собственных копий. Попросту говоря, репликатор «умеет» размножаться.

Теорию репликаторов и их участия в биологической эволюции основательно разработали английский биолог Джон Мейнард Смит (John Maynard Smith) и венгерский биолог Эрш Сатмари (Eörs Szathmáry). Профессор Мейнард Смит умер в 2004 году, а профессор Сатмари продолжает свое творчество и сейчас. Его идеи вполне можно охарактеризовать как *современную интерпретацию дарвинизма*. На них и будет основана первая часть этой статьи.

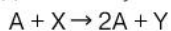
От катализа к эволюции

Самые простые репликаторы, какие существуют в природе, можно найти в автокаталитических химических реакциях. Что значит «автокаталитические»? Химическая реакция — это превращение одних веществ в другие. Ясно, что химические реакции могут идти с разными скоростями. Вещество, которое ускоряет реакцию, но само выходит из нее, не изменившись, называется катализатором.

Допустим, например, что превращение вещества X в вещество Y катализируется веществом A. Это будет обычная каталитическая реакция:



Некоторые катализаторы «умеют» заодно катализировать синтез самих себя. Допустим, что в нашей реакции на входе фигурирует по одной молекуле веществ X и A, а на выходе получается молекула вещества Y и *две* молекулы вещества A:



Вот такая реакция и называется автокаталитической. Принимающее в ней участие вещество A можно считать простейшим репликатором. Оно «размножается».

Первую известную химикам автокаталитическую реакцию открыл А.М. Бутлеров. Реакция Бутлерова относится к органической химии, то есть к химии соединений углерода. Исходным веществом, с которого Бутлеров начал, был формальдегид. Его молекула содержит всего один атом углерода. В условиях, созданных Бутлеровым, из формальдегида рано или поздно

синтезировался гликольальдегид — более сложное вещество, в молекуле которого атомов углерода уже два. После чего гликольальдегид начинал катализировать синтез еще более сложных сахаров... и самого себя. Молекула гликольальдегида становилась репликатором.

Следующий логический шаг состоит в том, что репликатор может воспроизводить себя абсолютно точно, а может и с вариациями. Допустим, что в нашей воображаемой реакции вместо двух одинаковых молекул катализатора A получается одна молекула A и одна слегка отличающаяся от нее молекула A-штрих:

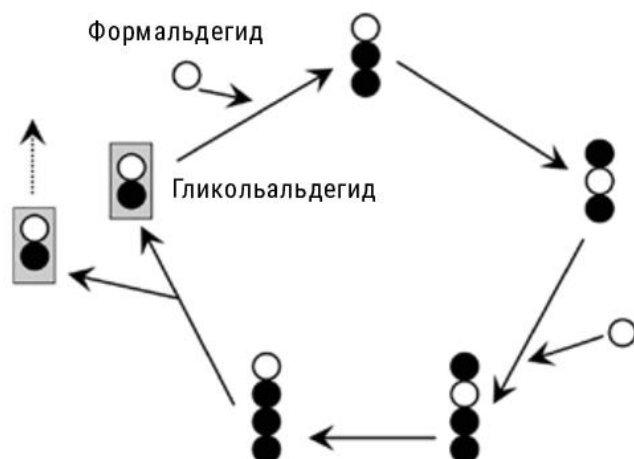


Тогда новая версия репликатора может вытеснить старую. Начнется эволюция — если не биологическая, то химическая. Химические системы тоже могут эволюционировать по Дарвину. Самая настоящая дарвиновская эволюция, да еще и очень бурная, наблюдается в искусственной бесклеточной среде, где «живут» воспроизводящие себя из поколения в поколение молекулы РНК. Авторы этих экспериментов так сформулировали вопрос, на который хотели получить ответ: «Что произойдет с молекулами РНК, если единственным предъявленным к ним требованием будет библейский призыв "размножайтесь!"», дополненный биологическим условием делать это как можно быстрее?» Результаты оказались крайне интересными (если вы о них еще не слышали, погуглите по словосочетанию «монстры Шпигельмана»). Трудно представить более наглядную иллюстрацию работоспособности дарвиновского эволюционного механизма. Впрочем, тут мы забегаем вперед.

В реакции Бутлерова участвует не только гликольальдегид. Кроме него роль автокатализаторов там могут играть глицеральдегид, дигидроксиацетон и некоторые другие органические молекулы. Но состав конечных продуктов — сложных сахаров — в этой реакции всегда одинаков, от состава катализаторов он не зависит. Эта система, грубо говоря, не дотягивает до эволюции, потому что в ней нет обратной связи, позволяющей конечному результату влиять на начальные условия.

Ограниченная наследственность

Эрш Сатмари делит все возможные репликаторы на две группы — холистические и модульные. Холистический репликатор целостен: он воспроизводится по принципу «все или ничего». К таким репликаторам относится гликольальдегид в реакции Бутлерова. Модульный репликатор состоит из частей, которые в той или иной мере независимы друг от друга и могут меняться по отдельности. Такой репликатор может копировать себя точно, а может и с вариациями. Важным частным случаем модульного репликатора является матричный репликатор, который копирует текст, то есть линейную последовательность знаков.



▲ Реакция Бутлерова без химических формул. Каждый кружочек обозначает атом углерода (белый кружочек — атом, принадлежащий формальдегиду). Гликольальдегид вступает в реакцию, которая после цикла превращений приводит к синтезу еще одной молекулы гликольальдегида.



А.М. Бутлеров

Уместно добавить, что гипотезу о существовании матричных репликаторов — без этих терминов, но абсолютно современную по сути — впервые высказал в 1927 году Николай Константинович Кольцов, 150-летие со дня рождения которого мы отметили совсем недавно. «Химия и жизнь» не раз писала о творчестве Кольцова (см. 1965, № 5; 1972, № 7; 2001, № 7 и 2018, № 12).

Кроме того, Сатмари вводит понятие репликаторов с ограниченной и неограниченной наследственностью. Что это значит?

Рассмотрим очень простой матричный репликатор, который получил в 1986 году немецкий биохимик Гюнтер фон Кедровски (Günter von Kiedrowski). Он представляет собой гексануклеотид, то есть цепочку из шести нуклеотидов. Как известно, нуклеотиды в составе ДНК бывают четырех типов: адениновый, тиминный, гуаниновый и цитозинный, сокращенно А, Т, Г и Ц. Нуклеотидная последовательность репликатора фон Кедровски — ЦЦГЦГГ. Оказалось, что при некоторых условиях такая молекула может успешно воспроизводить себя, причем без всякой помощи обычно присутствующих в живой клетке ферментов.

Наследственность — это способность передавать из поколения в поколение индивидуальные различия. У матричных репликаторов, состоящих из нуклеиновых кислот, эти различия выражаются в последовательности нуклеотидов. Поставим вопрос: сколько вариантов нуклеотидной последовательности максимально возможно для репликатора фон Кедровски?

Ответить на это нетрудно. Репликатор фон Кедровски — это цепочка из шести нуклеотидов. Допустим, что на каждой из шести позиций в этой цепочке может находиться нуклеотид любого из четырех типов: А, Т, Г или Ц (на самом деле это не так — в опыте фон Кедровски на нуклеотидную последовательность были наложены жесткие ограничения, но мысленный эксперимент дает нам право их проигнорировать). Тогда общее число потенциально возможных вариантов репликатора будет равно $4^6 = 4096$. По меркам химии это очень маленькое число. Оно намного меньше числа молекул в любой реалистичной химической системе, вроде колбы или пробирки с раствором. А значит, с размножением репликатора все его варианты очень скоро будут перебраны. Это и есть репликатор с ограниченной наследственностью: число его возможных вариантов меньше численности репликатора в тех условиях, в которых он «живет».

Темная геномная Вселенная

В качестве более сложного репликатора представим себе отрезок ДНК, который кодирует белок, состоящий из 33 аминокислот (для настоящего белка это очень мало, но не будем придираться). Генетический код у земных организмов триплетный: каждая аминокислота в белке кодируется тремя нуклеотидами. Значит, участок ДНК, кодирующий наш белок, должен состоять из 99 пар нуклеотидов.

Сколько вариантов может иметь такая последовательность? Ответ: $4^{99} = 10^{60}$. Это астрономическое

число. По порядку величины оно соответствует примерно времени жизни Вселенной, если его измерять планковскими временами, то есть наименьшими интервалами времени, у которых есть физический смысл. Планковское время, оно же квант времени, имеет величину $5,4 \cdot 10^{-44}$ секунды. С другой стороны, синтез белка — процесс довольно медленный, его длительность измеряется целыми секундами, а то и минутами. Вероятно, даже за миллиарды лет перебрать все варианты нашего белка эволюция не успела бы.

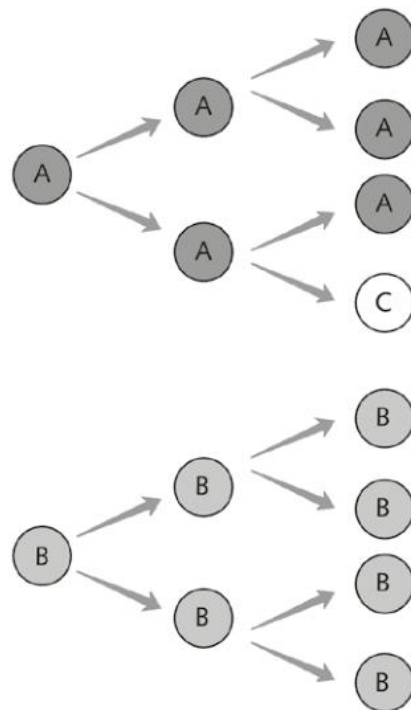
Это далеко не предел. Геном человека состоит примерно из 3 миллиардов пар нуклеотидов (точная величина, если не учитывать дублирование генетической информации, равна $3,1 \cdot 10^9$). Тогда полное число вариантов последовательности размером с геном человека будет равно четверке в степени три миллиарда. Это — уже не астрономическое число. В обычной природе подобными числами просто нечего мерить. Единственная область естествознания, где они встречаются, — это инфляционная космология, раздел теоретической физики, рассматривающий гипотезы о стремительном раздувании Вселенной в самом начале ее истории.

«Представим себе пространство, каждая точка которого соответствует одному варианту генома человека. Изначально оно абсолютно темное. Секвенируем все существующие индивидуальные геномы и подсветим точку, соответствующую каждому из них. Пространство все равно останется почти полностью темным», — пишет Эрш Сатмари. В этом смысле эволюция жизни только началась.

На грани жизни

У холистических репликаторов наследственность всегда ограничена (во всяком случае, никаких обратных примеров мы не знаем). Модульные и, в частности, матричные репликаторы могут обладать как ограниченной, так и неограниченной наследственностью. Но перейти порог, отделяющий ограниченную наследственность от неограниченной, матричным репликаторам очень легко: он проходит где-то на уровне цепочки из нескольких десятков нуклеотидов. Все современные природные генетические системы находятся далеко за этим порогом. Гены, хромосомы, геномы — это образцовые матричные репликаторы с неограниченной наследственностью. Вот они-то и имеют самый большой потенциал для эволюции. Механизм этой эволюции, открытый Чарльзом Дарвином, называется естественным отбором.

Надо подчеркнуть, что Дарвин ничего не знал ни о репликаторах, ни о цифровом характере наследственной информации. Сам он, выражаясь современным языком, считал ее аналоговой. Эту простительную ошибку удалось исправить только через сто лет, когда был расшифрован генетический код. В сущности, любой матричный репликатор — это *цифровой* реплика-



▲ Эту картинку Джон Мейнард Смит и Эрш Сатмари называют определяющей характеристикой жизни. Особи с разными генотипами (A, B) размножаются, при этом в результате мутации иногда может возникнуть новый генотип (C), и все они начинают конкурировать за ресурсы.

тор: информация в нем кодируется набором единиц, которые отличаются друг от друга четко, как буквы алфавита. В генетических репликаторах такими единицами служат, естественно, нуклеотиды. Дарвин не имел обо всем этом ни малейшего представления, но это не уменьшает, а увеличивает его заслугу. До возникновения генетики, которая могла бы ответить на многие из волновавших его вопросов, он просто не дожил.

Джон Мейнард Смит и Эрш Сатмари утверждают, что мы знаем две — всего лишь две! — природные системы репликаторов, имеющих неограниченную наследственность. Первая из них — это гены и геномы, а вторая — человеческий язык.

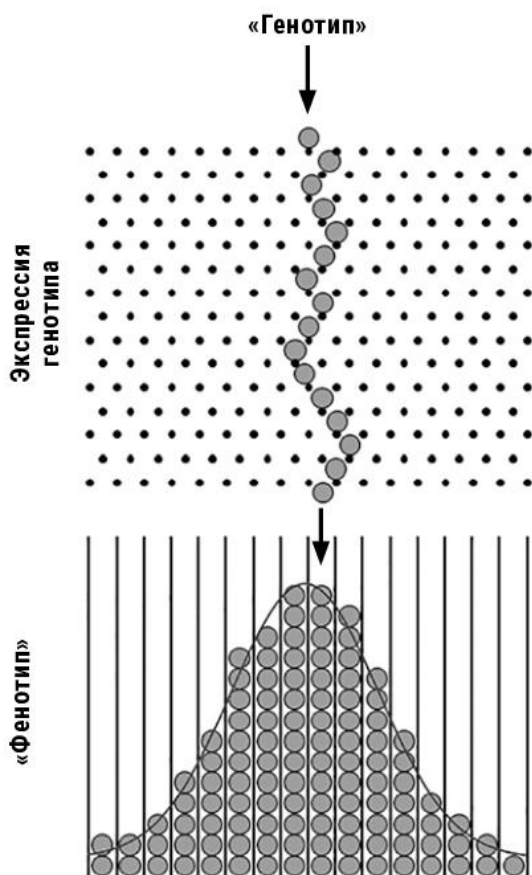
Главная тайна Дарвина

Теперь мы можем сформулировать определение естественного отбора. Итак, естественный отбор — это *неслучайное воспроизведение генотипов* (в отличие от случайного, которое называется дрейфом генов).

Поясним это определение. У любого живого организма есть *геном*, который служит в ряду поколений репликатором. Он состоит из репликаторов более низкого порядка, но тоже матричных — таких, как отдельные гены. Геном включает в себя всю генетическую информацию, какая есть у данного биологического вида. Однако известно, что варианты

(аллели) многих генов, входящих в геном, у разных особей одного и того же вида могут отличаться. Поэтому любая отдельная особь может обладать своим собственным вариантом генома — *генотипом*. На отвлеченных схемах генотипы можно для простоты обозначать буквами — А, В, С и так далее.

Когда особи размножаются, генотипы копируются. Но это копирование всегда неточно: случайная мутация может превратить один генотип в другой (например, генотип А в генотип С). Генотипы, оказавшиеся «неудачными», исключаются из преемственности поколений — как говорят биологи, элиминируются (это не значит, что их носители непременно погибают: чтобы лишиться шанса передать свои гены потомкам, достаточно не участвовать в размножении). Но и относительно «удачные» генотипы, как правило, обладают разными свойствами, а потому воспроизводятся с разными скоростями. В условиях ограниченных ресурсов (а в природе ресурсы ограничены всегда) это приводит к тому, что одни генотипы со временем вытесняют другие. Генотипический состав популяции меняется. Это и есть дарвиновская эволюция.



▲ Генотип, сталкиваясь с внешними и внутренними помехами, порождает разнообразие фенотипов подобно тому, как падающие дробинки в аппарате Гальтона, сталкиваясь с булавками, распределяются по разным отделениям ящика. Это распределение описывается гауссовой кривой.

Генотип и фенотип

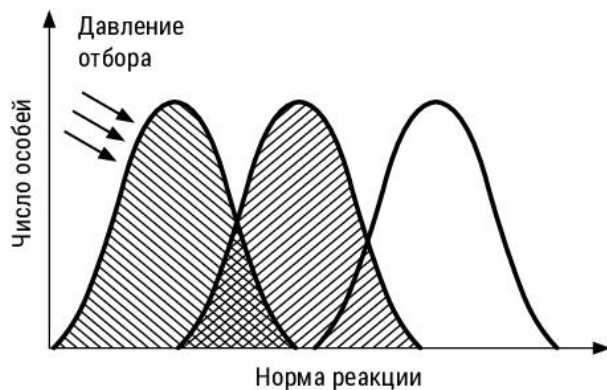
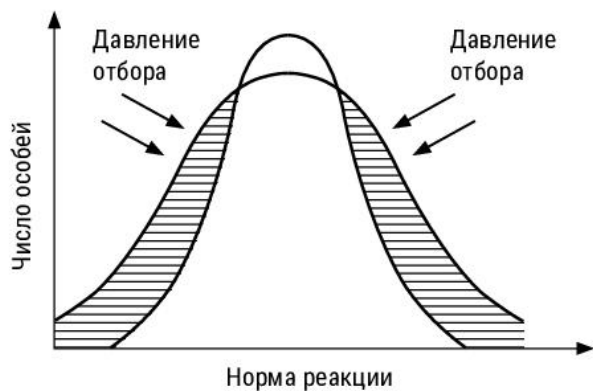
Настоящая сложность состоит в том, что генотипы отбираются не напрямую, а через посредство фенотипов. Генотип — это в конечном счете просто набор нуклеотидов. Сам по себе он бесполезен, как книга, у которой нет читателей. «Читатель» генотипа — это живая клетка, молекулярная машинерия которой умеет синтезировать белки (а также РНК) на основе инструкций, заключенных в нуклеотидном тексте. Будучи синтезированы, белки делают свою работу: катализируют в клетке химические реакции, встраиваются в мембрану, преобразуют энергию, переносят те или иные молекулы, придают частям клетки подвижность, меняют ее форму, организуют деление и выполняют еще массу функций. Сумма признаков, которые приобретет клетка в результате, и будет фенотипом, соответствующим ее генотипу. Ну а у многоклеточных организмов одни и те же гены в разных клетках работают по-разному, и вся система становится еще более сложной.

У простых репликаторов, которые еще нельзя считать живыми существами, дистанция между «генотипом» и «фенотипом» очень мала. Например, у воспроизводящихся в пробирке молекул РНК она сводится к сворачиванию нуклеотидной цепочки, которое целиком диктуется законами химии. У вирусов эта дистанция уже больше, у одноклеточных организмов — намного больше. А у многоклеточных животных и растений она просто колоссальна.

Вспользуемся моделью, которую придумал двоюродный брат Чарльза Дарвина — английский ученый Фрэнсис Гальтон (Francis Galton). Глубокого научного смысла в ней нет, зато она очень наглядна. Представим себе вертикально поставленный плоский ящик, в который через узкую воронку падают шарики. Низ ящика разгорожен на ряд одинаковых отделений. Если бы шарики падали свободно, они все попали бы в центральное отделение, расположенное прямо под воронкой. Но в стенку ящика вбиты булавки, которые не дают шарикам падать по прямой: сталкиваясь с булавками, они случайно отклоняются то в одну, то в другую сторону.

В центральное отделение, конечно, в любом случае попадет больше всего шариков, но далеко не все. А чем дальше отделение от центра, тем меньше шариков до него долетит. Если аккуратно провести этот опыт, распределение шариков по отделениям будет довольно точно описываться колоколообразной кривой, носящей имя Карла Фридриха Гаусса. (О Гальтоне и его модели см. «Химию и жизнь», 2022, № 3.)

В этой модели источник шариков соответствует генотипу. Булавки — это всевозможные помехи на пути реализации генетической программы. Ну, а разброс шариков по отделениям — это полное множество фенотипов, возможных при данном генотипе (или группе генотипов), которое принято называть *нормой реакции*.



▲ *Стабилизирующий и движущий отбор. Норма реакции, включающая в себя множество всех возможных фенотипов, под давлением стабилизирующего отбора сужается и удерживается на месте, а под давлением движущего — смещается.*

Формы отбора

Теоретики эволюционной биологии выделили десятки разных форм естественного отбора. Их полный обзор — задача учебников, а не популярного очерка. Но есть как минимум две формы отбора, не зная которых обсуждать эволюцию почти невозможно. Это — *стабилизирующий* и *движущий* отбор.

Стабилизирующий отбор — это самая универсальная форма естественного отбора. Его существование вытекает из предельно общих свойств жизни. Мы знаем, что генотипы никогда не копируются абсолютно точно: в каждом поколении появляются новые мутации. Давление мутаций стремится расширить норму реакции, растягивая гауссовский «колокол» по горизонтали. Возникают фенотипы, далекие от стандартных, — как правило, не очень-то жизнеспособные. Естественный отбор устраняет эти фенотипы вместе с определяющими их генами, возвращая норму реакции на место. Вот такой отбор и называется стабилизирующим. Он действует почти постоянно, и только благодаря ему каждый биологический вид сохраняет свой неповторимый облик.

Если отклонения от стандартного фенотипа резки и дискретны, мы называем их уродствами. Каждому ясно, что уродства обычно не способствуют выживанию. Но стабилизирующий отбор может действовать и намного тоньше. Часто он отсекает не только явные уродства, но и едва заметные количественные отличия. Например, у растений, опыляемых насекомыми, стабилизирующий отбор строго контролирует пропорции цветка: чтобы хоботок насекомого-опылителя дотянулся точно до тычинок, венчик не должен быть ни слишком высоким, ни слишком низким — иначе растение потеряет шанс оставить потомство.

Движущим отбором называется отбор против одного из крайних вариантов признака в пользу другого крайнего варианта. Под давлением движущего отбора норма реакции не расширяется и не сужается — она смещается. Стандартный фенотип становится другим. Конечно, для этого отбор должен быть эффективным и действовать достаточно долго, не меняя направления. Это и есть тот самый процесс, который, по Дарвину, создает новые формы живых организмов.

Псевдогены

«Счастье — как здоровье: когда оно налицо, его не замечаешь», — писал М.А. Булгаков в рассказе «Морфий». Если бы великий писатель изучил эволюционную теорию, он наверняка сказал бы, что стабилизирующий отбор подобен здоровью: его трудно заметить, когда он есть, и очень легко — когда его нет.

Представим, что стабилизирующий отбор перестал действовать. Что будет? Ответ: начнется немедленный рост изменчивости по тем генам и признакам, которые раньше контролировались стабилизирующим отбором, а теперь перестали. Этот процесс вполне можно будет наблюдать, в том числе и на уровне нуклеотидных последовательностей.

Вот один пример. В эволюции животных и растений часто происходят события, которые называются дупликациями генов. Термин «дупликация» означает, что ген в буквальном смысле удваивается. Причины дупликаций разнообразны, но сейчас нам не важны. Нам важно, что в результате дупликации в геноме оказывается дополнительная копия гена, который и без того хорошо работает.

После удвоения гена мутации, нарушающие работу одной из его копий, перестают быть вредными. Они больше не отсеиваются стабилизирующим отбором — ведь есть вторая копия гена, которой организму вполне хватает. Рано или поздно накапливающиеся мутации захватывают регуляторные участки гена, необходимые для того, чтобы он мог включаться. Тогда ген выходит из строя. Нефункциональный молчащий ген называется *псевдогеном*. Псевдогенизация — это «смерть» гена. И наступает она именно благодаря ослаблению стабилизирующего отбора.

На уже «мертвые» псевдогены стабилизирующий отбор не действует, поэтому, как и следовало ожидать, их нуклеотидные последовательности меняются в ходе эволюции в несколько раз быстрее, чем у функционирующих генов. Тем не менее псевдогены могут сохраняться в геномах очень долго. Это — важные свидетельства древних эволюционных событий.

«Лишние» гены, возникшие в результате дупликаций, превращаются в псевдогены часто, но не всегда. Ослабление стабилизирующего отбора дает гену на короткое время огромную эволюционную свободу, открывающую окно возможностей. Бывает, что в разных копиях гена закрепляются разные мутации, и между ними происходит разделение функций. А бывает и так, что одна из копий гена получает в итоге совершенно новую функцию. В эволюции встречаются целые серии последовательных дупликаций, после которых гены делят между собой функции или приобретают новые. Группа генов, происходящих таким путем от одного гена-предка, называется *семейством генов*.

Например, у большинства многоклеточных животных есть семейство генов, которое называется *Нох*. Эти гены важны для дифференцировки отделов тела и для развития нервной системы. У позвоночных *Нох*-гены сгруппированы в несколько кластеров, находящихся в разных хромосомах. Исходно в каждом кластере было по 14 генов, но часть из них в ходе эволюции исчезла. Гены, которые называются *Нох14* и *Нохb14*, отсутствуют в двух самых крупных эволюционных ветвях — у наземных позвоночных и у лучеперых рыб. У хрящевых рыб — акул — эти два гена сохранились, но в псевдогенизированном состоянии. Это типичный случай превращения в псевдогены генов, которые не очень нужны. А вот у единственной современной кистеперой рыбы латимерии ген *Нох14* до сих пор остается функциональным. И у австралийской двоякодышащей рыбы рогозуба — тоже. Тут мы видим большую архаичность этих рыб, близких к предкам наземных позвоночных, и одновременно — свидетельство их особого эволюционного пути.

Жил на свете таракан

Движущий отбор легче всего наблюдать у организмов, находящихся под антропогенным давлением. В этих случаях среда меняется очень быстро, и организмы волей-неволей должны успевать к ней приспосабливаться. Внимание: мы сейчас говорим не об *искусственном* отборе, когда человек намеренно отбирает нужные ему формы, а о *естественном*, когда он действует как слепой природный фактор, ничем не хуже и не лучше извержения вулкана или эпидемии.

Рыжий таракан (*Blattella germanica*) обитает в человеческих жилищах по всему миру, от Аляски до Антарктики включительно. Люди его не любят и периодически травят химикатами. Но таракан не сдается. Примерно с 1980-х годов против рыжего таракана стали часто при-

менять отравленные приманки, которые вместе с ядом содержали глюкозу или фруктозу. Эти сладкие для нас вещества привлекают и тараканов, поэтому сначала отравленные приманки действовали. Но уже через несколько лет у тараканов выработалось наследственное отвращение к глюкозе, быстро распространившееся по их популяциям. Как это могло произойти?

Дело в том, что у таракана прекрасно развито чувство вкуса. В придатках ротового аппарата у него, как и у других насекомых, сидят вкусовые рецепторные нейроны, каждый из которых специализирован на определенном типе веществ. В клеточные мембраны этих нейронов встроены рецепторы — белки, распознающие окружающие молекулы по известному в биохимии принципу ключа и замка. Есть рецепторы сахаров («сладкий вкус»), а есть рецепторы широкого спектра бесполезных или ядовитых веществ («горький вкус»). Каждый белок-рецептор, как и вообще любой белок, кодируется своим геном. При этом нейронные сети в мозгу таракана устроены так, что рецепторы «горького вкуса» имеют приоритет: они заставляют таракана избегать пищи, даже если рецепторы «сладкого вкуса» в этот момент тоже активны.

В данном случае у таракана произошла единственная мутация. Она изменила молекулярную структуру рецептора «горького вкуса» таким образом, что он стал реагировать не только на яды, но и на глюкозу. В результате нервная система таракана стала воспринимать глюкозу как яд. Подобные мутации наверняка происходили и раньше, но в обычных условиях они были вредными. И действительно, показано, что тараканы, которые шарахаются от глюкозы, медленнее растут. Но в окружении отравленных приманок, где привлекающим фактором служила именно глюкоза, эта мутация оказалась спасительной. Движущий отбор тут же ее подхватил, и обладатели отвращения к глюкозе стали составлять большинство популяции.

Мыши на лаве

История с тараканами показывает нам удачный пример поиска мишени — гена или белка, на который в конечном счете действует движущий отбор. Рассмотрим еще один пример, более сложный, зато и более интересный.

В юго-западной части США (штаты Аризона, Нью-Мексико) и на севере Мексики живет мышевидный грызун под названием скальный щетинистый прыгун (*Chaetodipus intermedius*). Главная особенность этого зверька ясна из его названия: он — петрофил, то есть живет на скалах. Среди грызунов такие виды попадают.

Зоологи давно заметили, что разные популяции скального прыгуна сильно отличаются друг от друга окраской шерсти. Дело в том, что скальные выходы в тех местах бывают разных цветов. На светлых каменистых россыпях живут прыгуны, шерстка которых тоже

светлая, песчаного цвета. Таких популяций большинство. Но на темной застывшей базальтовой лаве они другие — почти черные. Приспособительный смысл тут ясен: окраска помогает зверькам скрываться от хищников, особенно от сов (щетинистые прыгуны ведут ночной образ жизни). Но как именно эта адаптация была достигнута?

Окраска млекопитающих определяется пигментом меланином, который синтезируется в особых клетках — меланоцитах. У этих клеток есть тонкие древовидные отростки, куда транспортируется готовый меланин, упакованный в компактные гранулы — меланосомы. Из отростков меланоцитов меланосомы переходят в клетки, формирующие волосы. Меланин бывает разных типов: черно-коричневый — эумеланин или желто-красный — феомеланин. Окраска кожи и волос зависит от их соотношения.

Работу меланоцитов регулирует гормон гипофиза, который называется меланоцитстимулирующим гормоном, сокращенно МСГ. Чем сильнее действует этот гормон, тем больше эумеланина вырабатывается в организме. Но что значит «сильнее действует»? Чтобы подействовать, молекула гормона должна связаться с рецептором — специальным белком, который сидит в мембране клетки-меланоцита и передает внутрь клетки полученный сигнал. Эффект гормона зависит не только от его концентрации в крови, но и от того, насколько сильно рецептор на него реагирует.

А теперь — главное. В интересующем нас случае рецептором МСГ служит мембранный белок под названием MC1R. Мутации в гене, кодирующем этот белок, могут слегка изменить его структуру таким образом, что он будет либо прочнее связывать молекулу МСГ, либо интенсивнее передавать сигнал внутрь клетки. И то и другое усилит синтез эумеланина. Именно такие мутации и обнаружились в меланистических (то есть темноокрашенных) популяциях скального прыгуна. И что особенно интересно, в разных меланистических популяциях эти мутации — разные. Хотя фенотипический эффект они дают один и тот же: потемнение шерсти. Дело в том, что поля застывшей базальтовой лавы в ареале скального прыгуна довольно редки и живущие на них популяции изолированы друг от друга. Темный вариант окраски выработался у них независимо: в разных случаях движущий отбор подхватил разные мутации, действующие на один и тот же белок.

Судя по всему, эта адаптация может при нужде возникнуть очень быстро. Одно из лавовых полей, заселенных скальными прыгунами, имеет возраст всего в 1000 лет — очень небольшой срок по эволюционным меркам! — но живущая там популяция уже успела стать меланистической. Скорости отбора для этого хватило.

Почему неправ Берг?

Дальнейшие исследования показали, что мутации, действующие на белок MC1R, приводят к потемнению

окраски не только у скального щетинистого прыгуна, но и у многих других млекопитающих и даже у птиц. Как это работает?

Белок MC1R представляет собой цепочку из примерно трехсот аминокислот. У разных видов птиц и млекопитающих (включая, между прочим, и человека) удалось идентифицировать 16 различных аминокислотных замен в этом белке, которые все приводят к одному и тому же эффекту: рецептор MC1R начинает сильнее реагировать на сигнал, переданный молекулой МСГ. С точки зрения биофизики достичь такого результата не труднее, чем вызвать короткое замыкание в электросети. В итоге синтез эумеланина усиливается, и окраска темнеет.

Тут-то мы и выходим на самые общие проблемы биологии. В 1922 году ихтиолог и географ Лев Семёнович Берг выпустил книгу «Номогенез, или Эволюция на основе закономерностей». Берг считал, что наследственных вариаций, реально существующих в природе, для дарвиновского естественного отбора просто не хватит. Он не спорил с тем, что эволюция путем естественного отбора логически мыслима. Но он был уверен, что теория Дарвина не выдерживает проверки фактами. Безграничной изменчивости, которая (по мнению Берга) нужна для естественного отбора, не наблюдается ни в ископаемой, ни в современной природе. Организмы слишком устойчивы, чтобы допустить ее. «Случайный новый признак очень легко может испортить сложный механизм, но ожидать, что он его усовершенствует, было бы в высшей степени неблагоприятно», — пишет Берг. И делает вывод: «Отбору не из чего выбирать».

История белка MC1R (а в современной научной литературе таких историй тысячи) показывает, что Берг был неправ. Изменчивость, конечно, не безгранична. Но ведь все, что требовалось в нашем случае, — это чтобы белковый рецептор слегка «заедало» во включенном положении. Мы видим, что мутаций, делающих это сравнительно безопасно для организма, не одна и не две. Сейчас, когда мы добрались до молекулярных мишеней отбора, можно точно сказать, что тезис Берга неверен. Отбору очень даже есть из чего выбирать. И на уровне функциональных белков это, скорее, правило, чем исключение.

Красное и черное

Иногда движущий отбор остается незавершенным. Например, на маленьких островках у побережья Шотландии живут одичавшие овцы, самцы которых отличаются друг от друга размером рогов. У одних баранов рога большие, у других — маленькие, зачаточные. Большерогие бараны успешнее размножаются, но хуже выживают зимой. Поэтому отбор идет одновременно в разные стороны и сохраняет более одного генотипа. Как говорят генетики, между векторами отбора установилось равновесие. В результате в единой популяции присутствуют две резко различные формы. Прерывистое разнообразие форм внутри вида, не связанное

ни с какими барьерами для скрещивания, называется *полиморфизмом*.

Классический пример полиморфизма описал Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский у двухточечной божьей коровки (*Adalia bipunctata*). У этого вида жуков очень изменчива окраска. Разные цветовые формы отличаются друг от друга соотношением красного и черного. Многолетние наблюдения показали, что «черные» божьи коровки успешнее размножаются летом, зато «красные» лучше переносят зимовку. Возникает циклический отбор, благоприятствующий то одному генотипу, то другому. В результате в популяциях все время есть и «черные», и «красные» божьи коровки: осенью — примерно 60% «черных» и 40% «красных», а весной соотношение меняется на обратное.

Добавим, что Тимофеев-Ресовский проводил свои наблюдения в окрестностях Берлина, где двухточечная божья коровка, как правило, дает в теплый сезон три поколения. В более северных странах она дает только одно поколение. Тогда преимущество «черной» формы в скорости размножения не успевает реализоваться. Но полиморфизм по окраске в этих странах все равно есть. Так что, видимо, на него влияют и другие факторы. Как обычно, в природе все сложнее, чем в моделях.

Одной из причин полиморфизма — не единственной, но частой — бывает особая форма естественного отбора, которую называют *дизруптивным отбором*. Мы знаем, что обычный движущий отбор действует против одного из крайних вариантов фенотипа в пользу другого крайнего варианта. А теперь вообразим, что оба крайних варианта (или большее их число) получили преимущество в выживании. Отбор пойдет в пользу этих вариантов и против «золотой середины», занятой промежуточными значениями признака. Вот такой отбор и называется *дизруптивным*. Под давлением дизруптивного отбора норма реакции разрывается.

Формирующая сила

Можно ли сказать, что естественный отбор служит движущей силой эволюции?

Для начала разберемся, что такое движущая сила. Например, какова движущая сила химических реакций? Это хорошо известно. Движущей силой любой химической реакции служит рассеивание энергии — превращение упорядоченной свободной энергии в беспорядочную тепловую. Ключевое слово тут «энергия». Мы называем движущей силой процесса *превращение энергии*, благодаря которому этот процесс идет. Например, представим себе движущийся автомобиль. Если это автомобиль с двигателем внутреннего сгорания, то движущей силой служит превращение энергии связей молекул углеводородов (из которых состоит бензин) в тепловую энергию, которая рассеивается в пространстве.

Но к естественному отбору такая интерпретация неприменима. Это процесс, идущий без всяких затрат энергии, «сам собой». Спрашивается, как так может быть?

Вот грубая аналогия, которую предложил больше ста лет назад физик Николай Алексеевич Умов:

«Представим себе органную трубу среди бушующей воздушной бури. Она издает свойственный ей музыкальный тон. На музыкальный тон не было затрачено новой энергии, а только произошел отбор, сортировка хаотических движений частиц воздуха в гармонические или стройные движения. Энергия осталась та же — энергия бури».

Что же служит аналогом «энергии бури» в случае с живыми организмами? Очевидно, это та энергия, которую они всевозможными способами извлекают из внешней среды и превращают в биохимическую энергию своих тел, чтобы затем воспроизводить себя, умножая свою численность по взлетающей вверх экспоненциальной кривой. Потенциальную мощь этого процесса трудно даже вообразить. «Благодаря размножению каждое живое вещество может создать новые любые количества живой материи», — писал по этому поводу Владимир Иванович Вернадский и приводил расчеты: при условии неограниченного размножения холерный вибрион и кишечная палочка могут дать массу живого вещества, равную массе всей земной коры, за время меньше двух суток. «Один из наиболее медленно размножающихся организмов — слон — может дать то же количество вещества в 1300 лет. Но что значат годы и столетия в геологическом, т. е. планетном, времени!»

Этот чудовищный потенциал, основанный на способности живых организмов к неограниченному размножению и на много порядков превосходящий вместимость любой среды, биолог Михаил Михайлович Камшилов назвал давлением жизни. Ясно, что на самом деле размножение неограниченным не бывает. Поверхность Земли вовсе не покрыта сплошь слонами. В реальности выживают далеко не все, кто потенциально мог бы выжить, а это и значит, что происходит отбор.

Итак, движущая сила эволюции — «давление жизни», сталкивающееся с неустраняемым противодействием среды. Какова же роль отбора? Это тоже можно пояснить аналогией. У любой реки есть берега. Нельзя сказать, что они — причина течения: вода течет не потому, что она заключена в берегах, а потому что она подчиняется силе тяжести. Тем не менее именно берега, очертания которых диктуются рельефом местности, придают реке форму. Так и естественный отбор — это не движущая, а формирующая сила, *virtus formativa* в терминологии средневековых философов.

Статья подготовлена по материалам курса лекций об эволюции, который автор читал в 2022 году в культурно-просветительском центре АРХЭ.



Лед озадачивает

ВО ВРЕМЕНА моего советского детства в Москве едва ли не в каждом дворе были самостоятельные катки. Мужчины из соседних домов расчищали площадку, а потом, когда ударяли морозы, вытягивали из ближайшего окна первого этажа шланг, пускали по нему горячую воду и заливали каток.

Почему горячей? Да потому что быстрее и ровнее застывает. Так говорили все — как о само собой разумеющемся. Лед и правда был гладкий и схватывался быстро. Но почему же горячая вода замерзает быстрее холодной? Это же не логично?!

О том, что есть такой странный эффект быстрого замерзания горячей воды, ученые заговорили в середине 60-х годов. Этот эффект называли именем танзанийского школьника Эраста Мпембе, который его и открыл. История известная. Тринадцатилетний школьник вместе с одноклассниками на практикуме по кулинарии делал мороженое.

Он растворил сахар в горячем молоке и поставил в холодильник, забыв, что прежде надо было бы молоко остудить. Но оказалось, что его молоко замерзло быстрее, чем

у его одноклассников, хотя они-то все сделали правильно.

Эрасто поделился своим открытием с учителем, но тот отшутился. Однако Мпембе оказался твердым орешком, упорным. Именно таким место в науке. Он продолжил успешно экспериментировать с горячей и холодной водой.

И когда в школу приехал университетский профессор Дэнис Осборн, чтобы почитать старшеклассникам лекцию по физике, Мпембе задал ему тот же вопрос — почему горячая вода замерзает быстрее? Чем, надо сказать, поставил профессора в тупик.

Но профессор Осборн оказался настоящим ученым и немедленно проверил наблюдения школьника в собственном эксперименте. И нескладно удивился — наблюдаемое противоречило здравому смыслу.

Профессор Осборн оказался еще и приличным ученым, поскольку опубликовал научную статью про необычный эффект вместе со школьником, его открывателем. Так в науку вошел эффект Мпембе. Говорят, что о нем знали еще во времена Аристотеля и Декарта. Но поди — проверь!

Эффект — эффектом, однако наука должна отвечать на вопросы. В данном случае — почему горячая вода замерзает быстрее холодной? Существует много разных гипотез. Кто-то считает, что горячая вода быстрее охлаждается за счет ее испарения с поверхности, а этот процесс происходит с поглощением тепла. Да к тому же при испарении объем воды уменьшается, а меньший объем замерзает быстрее.

Кто-то полагает, что все дело в газах, всегда растворенных в воде, которые мешают воде замерзать. А вот в горячей воде их сильно меньше. А кто-то и вовсе уверен, что никакого эффекта Мпембе нет, а есть только некорректно поставленный эксперимент. В общем — объяснений много, но единого мнения нет.

И вот свежая гипотеза пришла недавно из Технологического

университета Наньян в Сингапуре. Как выяснили китайские химики, секрет кроется в количестве энергии, запасенной в водородных связях между молекулами воды. Таким образом, оказывается, что в водородных связях горячей воды хранится больше энергии, а значит, ее высвобождается больше при охлаждении до минусовых температур. По этой причине застывание происходит быстрее.

Как вам такая версия? Мне, если честно, не очень. Но вообще, вода — самое необыкновенное, самое загадочное вещество на Земле, состоящее сплошь из аномалий. Так всегда говорил академик И.В. Петрянов-Соколов, создатель и бессменный главный редактор нашего журнала. Соответственно — и у льда много сюрпризов.

Вот, например, вода, превращаясь в лед, увеличивает свой объем примерно на 9%. Поэтому бутылку, заполненную водой под самое горлышко и положенную в морозилку, обязательно разорвет. Кстати, по этой же причине сливают воду из труб на летних дачах на зиму, иначе лед может разорвать и трубы.

Если вода при замерзании расширяется, то, значит, плотность льда меньше, чем у воды, и он должен быть легче воды. Так и есть. Природа придумала это не случайно. Зимой лед образуется на поверхности водоемов, поскольку он легче. Этот ледяной щит не дает воде на глубине охлаждаться и замерзать. Поэтому водные обитатели выживают в холода.

А вообще-то существует более двух десятков модификаций льда, аморфных и кристаллических. У самого обычного льда, который образуется в природе, — гексагональная структура. Молекулы воды при охлаждении выстраиваются в шестиугольники, которые соединяются и образуют ажурную структуру.

Но есть и другие виды льда, у которых структура совсем другая, а потому — и свойства другие. Есть

лед с явно выраженными магнитными свойствами, есть лед, хорошо проводящий электрический ток. Разные модификации получаются в зависимости от условий кристаллизации — температуры и давления. Бытие определяет структуру.

Кстати, в том же 1963 году появился роман Курта Воннегута «Колыбель для кошки». Он был модный много лет, все его читали. Сюжет строится вокруг вещества, именуемого лед-9. Это искусственный материал, страшно опасный для жизни. Дело в том, что вода при контакте с ним, превращается в лед-9. Попади он в Мировой океан, планета превратится в ледяшку. В конце концов, так все и происходит.

Среди модификаций льда, открытых учеными, есть и лед-9. Но ничего общего с воннегутовским он не имеет. Просто у него тетрагональная структура. А вот обычного льда на Земле много — около 30 млн км³. В основном он сосредоточен в полярных шапках, прежде всего — в Антарктиде. Здесь толщина льда достигает 4 км.

В общем, лед — уникальный природный материал, и было бы странно, если бы никто не захотел его использовать. В 1942 году, в разгар Второй мировой войны, англичанин Джеффри Натаниэль Пайк, журналист, разведчик и по совместительству изобретатель, предложил сделать плавучую авиабазу для самолетов, которые будут бомбить суда и подводные лодки немцев.

Причем сделать этот плавучий остров он предложил из льда, армированного древесными опилками. Материал не тонул, был невероятно прочный, и изготавливать его было легко. Древесную пульпу смешивают с водой (15% и 85%), заливают в формы и замораживают. В общем — обычное литье. Получался материал, который легко поддавался обработке. И таял гораздо медленнее. Медленнее,

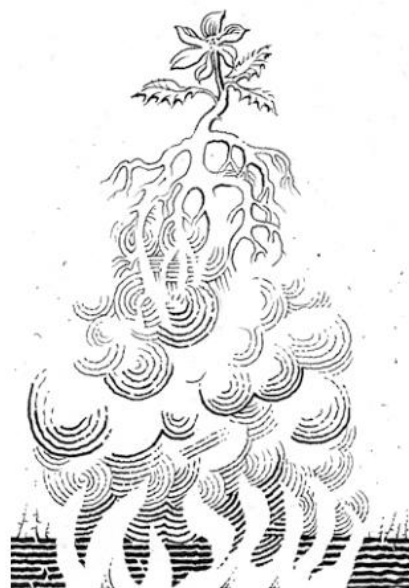
чем айсберг. Его называли «пайкрит» в честь изобретателя.

Лорд Луи Маунтбеттен, адмирал флота, навестил Уинстона Черчилля в его доме и представил ему новый материал прямо в ванной премьер-министра. Твердый монолитный брусок не тонул. Наблюдая за изумлением премьер-министра, лорд Маунтбеттен тут же предложил ему проект плавучей военной авиабазы «Аввакум».

Черчилль одобрил проект. Дело оставалось за малым — убедить американцев финансировать этот проект. Лорд Маунтбеттен поехал в США и на военном совете с союзниками положил на стол два куска льда — обычного и пайкрита. Потом достал револьвер и на глазах изумленной публики выстрелил в обычный лед. Тот разлетелся. Потом выстрелил в пайкрит. Пуля отскочила от прочного материала и зацепила ногу генерала Кинга. Все были в шоке. Но генерал был не в претензии, а в восхищении. Вопрос был решен.

В Канаде, на озере Патриция, совместными усилиями стали возводить прототип «Аввакума». Но вскоре возникли трудности, и прежде всего — с финансированием. Время было тяжелое, деньги требовались для другого. Проект «Аввакум» не состоялся, и модель плавучей авиабазы размером 18х9 м при высоте 6 м и весе больше 1000 тонн, осталась на приколе в этом озере. Она полностью растаяла только лишь через три года. При этом, замечу, что три года она стояла без всякого охлаждения.

Про лед как строительный материал не забыли. Ледяные скульптуры, ледяные бары, ледяные отели и много чего еще. Но это все так мелко на фоне «Аввакума» водонизмещением 1 млн 800 тысяч тонн, размером 600 х 90 м, высотой 60 м, толщиной днища и бортов 12 м, на котором могли уместиться 200 истребителей или 100 бомбардировщиков. Нет сегодня таких масштабных проектов, увы.



Милосердный пожар

НЕ ЗНАЮ, как вы, а я очень боюсь природных стихий — землетрясения, наводнения, цунами. Потому что человек не может их ни остановить, ни предотвратить, хоть и пытается. Допустим, от вулкана можно убежать, он стоит на месте, хотя его раскаленная лава и течет, но все же медленно. Можно и от цунами рвануть в гору, если есть гора и ты знаешь о цунами хотя бы за 15 минут до его прихода.

От лесного пожара, которых сегодня на планете очень много, тоже можно убежать. Что и делают люди и звери. А вот что делать растениям? Они привязаны к месту, бегать не умеют. Поэтому нет у них никакой иной судьбы, как погибнуть в огне. Но, оказывается, не все так линейно.

На месте погибших растений появляются новые. Семена взойдут, корни пустят новые побеги. Проснутся семена, годами пролежавшие в почве в состоянии покоя, и пойдут в рост. Но это уже будут другие растения. Это будут растения, прошедшие огонь и получившие опыт, который помог им стать лучше.

Команда исследователей из Университета Миссури изучала, как

почва после лесного пожара, насыщенная дымом, изменяет жизнь растений. И оказалось, что влияние благотворное. Растение лучше и активнее растет, как будто включает на полную катушку все резервы. На самом деле, деревенские жители это знают — наблюдали.

Чтобы внимательно изучить этот феномен, исследователи провели модельные эксперименты в лаборатории. Они имитировали почву после пожара, добавляя в обычную почву пищевую добавку «Жидкий дым». Эта жидкость содержит конденсат дыма от сгорания древесины, растворенный в воде. Экспериментальным растением был подсолнух.

Исследование было серьезным и довольно сложным, потому что ученые использовали радиоизотопы и рентгенографию, чтобы проследить транспорт сахаров по всему растению и понять, как он изменился. Именно от этого зависят рост и развитие. А сахара — это продукт фотосинтеза.

И вот результаты. У подсолнухов, выращенных на почве, обработанной «Жидким дымом», появляются третичные корни, то есть корней становится больше, а листья — более крупные, более толстые и более зеленые. Количество цветков на каждом растении увеличилось более чем вдвое.

А сами ткани подсолнуха стали жестче, потому что в них оказалось на треть больше лигнина, чем в контрольных растениях. И это хорошо для подсолнуха, он становится более устойчивым.

В общем, крепенькие выросли подсолнухи на почве с дымком. В чем же секрет дыма? Конечно — в веществах, которые входят в его состав. Катехол, резорцин, полифенольные соединения — именно они отвечают за этот необычный живительный эффект.

Ученые полагают, что и устойчивость к болезням и вредителям у подсолнухов на дымке заметно выше, например — к фитофторозу,

стеблевой и корневой гнили. Но это они выяснят уже в следующих экспериментах.

А вообще, если вернуться к пожарам, то это природное явление. И от них есть польза, как от всего природного. Во-первых, они насыщают почву углеродом, тем самым улучшая ее. А во-вторых, выжигают всех чужаков и незваных гостей, заселивших земли и потеснивших их исконных обитателей.

Ну а в качестве бонуса за причиненные неудобства Природа с помощью дыма помогает растениям стать здоровее. Природа знает лучше — это один из основных законов экологии, который подтверждается всегда и везде.



Электрические пчелы

КОГДА собирается толпа людей, тесно прижатых друг к другу, кажется, что сам воздух электризуется. Но, похоже, так оно и есть, ведь одежды людей трется друг о друга, и возникает статическое электричество.

А кстати, заряжаются ли таким образом муравьи, которые живут в тесноте и постоянно трется друг о друга? Или пчелы в рое или в по-

лете, когда с невероятной частотой машут крыльями и трутся тушками о воздух и пыль? Ответ — да.

На самом деле, тут для статического электричества раздолье. Потому что покровы и муравья, и пчелы, а они, кстати, биологические родственники, состоят из твердых хитиновых оболочек и конструкций. Хитин и хитозан, эти природные полимеры, очень жесткие и не проводят электрический ток, то есть изоляторы. Они входят в состав панциря краба, например.

Так вот этого хитина и хитозана у муравьев и пчел полно. А еще куча всяких волосков на поверхности. Так что электризуются они прекрасно. Но почему я ни разу не видела, чтобы между ними проскакивала хоть какая-нибудь искорка? Наверное, потому, что они электризуются примерно одинаково. То есть между ними разность потенциалов маленькая.

Пошла и почитала про электрические способности пчел. Потрясающе! Они могут заряжаться отрицательно, и тогда им легко летать, потому что электрическое поле Земли поднимает их. А могут заряжаться положительно, и тогда электрическое поле прижимает их к Земле. А могут быть диполем, когда спинка положительная, а пузико — отрицательное.

Заодно выяснила, что статическое электричество — это только один из способов хапнуть себе электрический заряд. Причем — небольшой заряд, потому что электризация трением сильна, если трется разнородные вещества, при трении однородных электризация слабее. Есть и другие способы. Например, пчелы умеют сажать на себя заряженные ионы из воздуха, которые образуются под воздействием космических лучей. И даже известен электрический заряд, который несет на себе пчела — несколько пикокулонов.

А зачем им заряды? Чтобы, например, экранировать свое гнездо, рой, улей от внешних факторов. В

общем, сложнейшее инженерное создание эта пчела.

И тут ученые из Бристольского университета задались вопросом — могут ли вот эти крошечные заряды, которые пчелы носят на себе, всерьез влиять на атмосферное электричество?

Ученые проводили эксперимент на полевой станции Бристольского университета, где есть несколько ульев с медоносными пчелами. Исследователи располагали около ульев датчик, определяющий электрическое поле вокруг себя, и смотрели, как менялась разность потенциалов между поверхностью Земли и точкой над ней, то есть датчиком, когда к нему приближался рой пчел той или иной плотности.

Оказалось, чем плотнее рой, тем сильнее влияние. Типичный рой повышал напряженность в среднем на 100 вольт на метр. И это совсем не мало, потому что напряженность электрического поля Земли при нормальной погоде составляет от 100 до 300 В/м, при грозе — до тысячи.

Итак, чем больше и плотнее рои насекомых, тем заметнее их вклад в атмосферное электричество. А каким может быть максимальный эффект такого рода? Исследователи изучили с этой точки зрения роение пустынной саранчи. И были шокированы результатами.

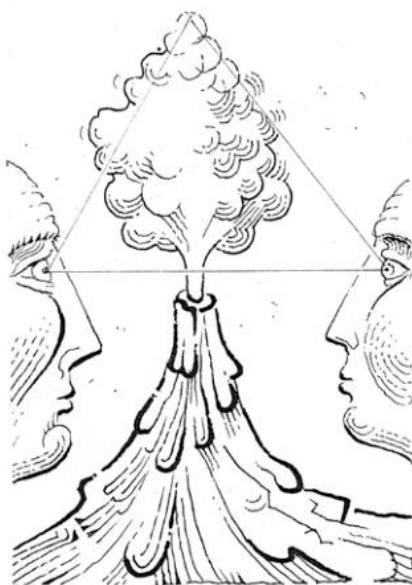
Оказалось, что рой пустынной саранчи способен повысить плотность заряда так же, как и электрическая буря. То есть летящая туча саранчи, площадь которой может достигать тысячи квадратных километров, это своего рода грозовая туча — электрического заряда внутри нее до черта.

Так что рой саранчи вполне сопоставим с метеорологическим явлением. Впрочем, те, кто видел стаю саранчи, согласятся с этим и без всякого исследования. А вот мотыльки и бабочки не создают ощутимого заряда, потому что не собираются в плотные рои и стаи.

Ученые убедились, что биогенный фактор в формировании атмосфер-

ного электричества присутствует. И это не только пчелы и саранча, но и множество других летающих насекомых, которые могут подниматься над землей на несколько километров и нести на себе электрические заряды — от пикокулонов до нанокулонов.

И сдается мне, что тут участвуют не только пчелы, саранча и другие насекомые, но и микробы, и птицы, летающие стаями. Вот вам еще одно подтверждение того, что все в этом мире, живое и неживое, замешано в единый коктейль, все связано со всем и влияет друг на друга. И даже такая мелочь пугающая, как саранча, может тягаться с грозовой тучей, изрыгающей молнии. Все же велика Природа, мать наша!



Самый высокий шлейф

ПЯТНАДЦАТОГО января 2022 года произошло сильное извержение подводного вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай на архипелаге Тонга в южной части Тихого океана. Взрыв был одним из самых мощных из когда-либо наблюдавшихся. Он вызвал разрушительные цунами, которые оставили тысячи людей без крова. В атмосферу был выброшен высо-

ченный столб пепла и воды. Но вот насколько он был высок?

За вулканом Тонга наблюдают три геостационарных метеорологических спутника. Во время самого извержения спутники делали снимки каждые 10 минут. Благодаря этим аэрофотоснимкам с разных точек, исследователям из Оксфордского университета удалось измерить высоту шлейфа.

Они применили так называемый эффект параллакса, с помощью которого в свое время было определено среднее расстояние от Земли до Солнца, расстояние до Луны.

Чтобы понять, как это работает, закройте один глаз, вытяните руку перед собой и поднимите большой палец. Посмотрите на него, зафиксируйте его положение относительно фона. А теперь закройте этот глаз и откройте другой. Будет казаться, что ваш большой палец слегка сместился на фоне. Измеряя это видимое изменение положения и комбинируя его с известным расстоянием между вашими глазами, вы можете рассчитать расстояние до большого пальца.

Это происходит потому, что наши глаза расположены на некотором расстоянии друг от друга, так что прямые линии, проведенные от пальца к глазам, образуют угол. Если продолжить эти прямые до фона, они укажут два разных положения пальца. Чем ближе палец к глазам, тем больше этот угол и тем больше кажущееся смещение.

Результаты показали, что шлейф достиг высоты 57 км. Это значительно выше, чем у предыдущих рекордсменов. Шлейф вулкана Пинатубо, проснувшегося на Филиппинах в 1991 году, дотянулся до 40 км в высоту. А извержение вулкана Эль-Чичон в Мексике в 1982 году дало шлейф высотой 31 км.

Итак, исследователи впервые столкнулись с вулканом, который своим извержением и выброшенной породой пробил не только тропосферу, нижний слой атмосферы, но и всю стратосферу и проник в мезос-

феру, которая начинается примерно в 50 км над поверхностью Земли.

Надо сказать, что еще 10 лет назад точно определить высоту вулканического шлейфа было невозможно, потому что не было такого хорошего спутникового покрытия. Оксфордские исследователи теперь намерены создать автоматизированную систему для вычисления высот вулканических шлейфов с использованием метода параллакса.

А какая, в сущности, разница, на какую высоту протянулся вулканический шлейф? Зачем преодолевать такие сложности, чтобы ее измерить?

Интерес не праздный и не случайный. Мощное извержение вулкана Кракатау, случившееся в 1883 года, выбросило в атмосферу более 20 км³ породы. Огромное количество диоксида серы попало в стратосферу и разнеслось по всей планете. Можно сказать — накрыло ее.

И в результате через год температура на Земле снизилась в среднем на 1,2 градуса. Почему? Потому что и мелкодисперсные частицы, и капельки воды, в которых растворились сернистые соединения, так называемые сульфатные аэрозоли, рассеивают и поглощают солнечные лучи.

Аналогичный эффект дало извержение вулкана Пинатубо на Филиппинах в 1991 году. Тогда среднегодовые температуры во всем мире снизились и держались на низкой отметке два года.

Определенно, извержения вулканов положительно влияют на охлаждение планеты. Это инструмент, которым пользуется природа, чтобы регулировать климат на Земле.

Но высоту шлейфа и состав важно знать еще и потому, что мелкодисперсные частицы могут оседать на поверхностях двигателей самолетов, плавиться и выводить их из строя.

Так что изучать вулканы и их шлейфы, их высоту и состав — крайне важно. Глядишь, и человек обучится у природы и сможет сам охлаждать планету.



Голубая канарейка

ЧТО ОБЩЕГО у туши для ресниц и канарейки в клетке? Их объединяет одна ассоциация — с углем. Тушь черная, потому что красящий черный пигмент в ней — это сажа, или мелкодисперсный уголь. А что общего у канарейки с углем?

С конца XIX века и вплоть до 1986 года шахтеры в Великобритании спускались в угольную шахту вместе с канарейкой в клетке. Птичка работала своего рода газовым сенсором. Канарейка очень чувствительна к угарному газу и метану. Даже при небольших их количествах она падает в обморок и может погибнуть.

Применять канареек в качестве живых детекторов придумал Джон Холдейн. Не тот знаменитый Джон Холдейн, который генетик, физиолог, один из основателей синтетической теории эволюции. А его отец, физиолог Джон Холдейн, тоже не менее знаменитый. Он изучал дыхание человека. А эксперименты с газами проводил на себе и животных.

Однажды он решил выяснить, отчего умирают шахтеры в шахтах. Их лица были красными. Холдейн, посидев в камере с угарным газом, увидел, что лицо его покраснело, и

понял — шахтеров убивает избыток угарного газа. В другом эксперименте с мышами и птицами он выяснил, что на малые примеси этого газа очень быстро реагируют мыши и канарейки.

Тогда-то, в 1890 году, он и предложил шахтерам брать с собой в шахту клетки с канарейкой. Не с мышкой, а именно с канарейкой. Потому что канарейка поет, и это слышат шахтеры. А если она замолкает, то надо посмотреть, не упала ли птичка с жердочки. Если упала, то это сигнал быстро выбираться из шахты. Кстати, канарейки, оказавшись на чистом воздухе, приходят в себя.

О шахтерских канарейках мне напомнила новость, пришедшая с научных и технологических полей. В данном случае — из Дании. Датские инженеры сделали датчик качества воздуха в виде умирающей канарейки, пластмассовой, разумеется. Это такая круглая подставка, которая крепится к стене. А на подставке — ярко-желтая пластмассовая канарейка. В систему встроен датчик углекислого газа. Как только его концентрация превышает тысячу частиц на миллион и держится на этом уровне, канарейка падает и тем самым показывает, что комнату надо срочно проветрить. А когда воздух очищается, канарейка поднимается и возвращается в нормальное положение.

Впрочем, ничего особенного здесь нет. Наша компания «Премьер Групп» с 2005 года производит и продает сигнализаторы и системы контроля загазованности. Они чувствуют метан и угарный газ. И называются они — «Кенарь»! Можно устанавливать в индивидуальных домах, в многоквартирных — везде, где используют газ.

Как видите, природа продолжает вдохновлять ученых и инженеров. А также — поэтов и музыкантов. Помните замечательную американскую песенку «Blue canary» — «Печальная канарейка»? В советское время ее исполнял Вячеслав Полунин с

группой «Лицедеи». Музыку и текст написал Винсент Фьорино.

Многие думали, что эта печальная песня — о шахтерской канарейке с незавидной судьбой. Но ничего подобного. Канарейка, конечно, печалится, но вовсе не из-за угольной шахты, а из-за того, что ее бросил коварный кенарь. И вот теперь она одна в гнезде, плачет... И все такое. В общем, совершенно житейская история. Аллегория, я бы сказала.

Хотя... Очень может быть, что кенарь исчез не по собственной воле, а его забрали на работу в шахту. Потому что у канареек поют только самцы. Самки лишь чирикают и воркуют. Так что песенка, возможно, и про шахтерскую канарейку. Вообще, в этом мире все очень сложно и запутанно. Начнешь что-нибудь раскапывать, и уже не остановиться...



Ученые и кошки

УЧЕНЫЕ — это особая порода людей. Независимые, загадочные. Похожи на кошек, которые гуляют сами по себе. Может быть, поэтому и отношения ученых с кошками складываются особые.

Один из ярких примеров — знаменитый историк, этнограф и лингвист

Юрий Валентинович Кнорозов. В 50-х годах прошлого века он расшифровал письменность майя, хотя эту задачу западные коллеги считали нерешаемой в принципе. Но Юрий Валентинович был уверен — «То, что создано одним человеческим умом, может быть разгадано другим». Взял и расшифровал. И стал всемирно известным. В общем — гений.

Кнорозов очень любил кошек. Однажды коллеги подарили ему сиамского котенка, которого купили за три рубля возле зоомагазина. Этот котенок превратился в роскошную кошку Асю, которую Юрий Валентинович считал своим соавтором в научных трудах.

Юрий Валентинович был очень скромным гением. К счастью, сохранилась его потрясающая фотография, которую сделала его сотрудница. На фото — строгий Кнорозов стоит в полный рост и держит на руках кошку Асю, я бы сказала — прижимает ее к себе. Эта фотография очень нравилась Кнорозову, и он предлагал ее везде, где требовали его фото. В издательства, например. Правда, кошку всегда отрезали.

Зато по этой фотографии сделали памятник Кнорозову, который установлен в Мексике. И стелу на его могиле в Санкт-Петербурге. Кстати, в ноябре этого года ему исполнилось бы сто лет.

А вы слышали когда-нибудь об этом гении? А ваши дети? В Мексике его знают все, там он любим и знаменит, потому что о Кнорозове рассказывают в школах. А у нас — нет.

Но вернемся к кошкам. Юрий Валентинович наблюдал за кошкой, за тем, как она обучала своих котят охотиться и прочим премудростям. И это помогло ему сформулировать теорию сигнализации, согласно которой коммуникация, то есть общение, хоть устное, хоть письменное, — это всегда обмен сигналами разного рода. Письменность майя — один из частных случаев.

И вот — новости с переднего края зоологии, пришедшие из Франции. Юрию Валентиновичу понравились

бы. Будем считать это подарком к его столетию.

Все владельцы кошек всегда разговаривают с ними. Причем разговаривают как с малыми детьми — повторяют одно и то же, сюсюкают, повышают тон, стараются лучше артикулировать свою речь. Со стороны это кажется какой-то глупостью. Разве кошки все это понимают?

Оказывается — да. Французские зоологи доказали, что домашние кошки понимают, когда их хозяева обращаются к ним, а когда — к другим людям или другим кошкам. И легко отличают речь хозяев от речи незнакомцев.

В эксперименте участвовали 16 полутораговых кошек. Им предлагали аудиозаписи голосов их хозяев. Не просто голосов, а обращений к своей кошке — приветствие, прощание, предложение поесть или поиграть. Эти голоса были спрятаны в ворохе других, чужих голосов и обращений к кошкам, принадлежавших 16 незнакомым женщинам.

Однако обмануть кошек не удалось. Они безошибочно различали среди чужих голосов и обращений голос своей хозяйки.

Результаты исследования в очередной раз подтверждают, что кошки при всей их демонстративной независимости привязываются к хозяевам и выстраивают с ними сложную коммуникацию.

Временами — образцовую, как это было в случае с Юрием Николаевичем Кнорозовым. В общем, это действительно был своеобразный и весьма плодотворный научный тандем.

Подборку подготовила
Л. Стрельникова

Иллюстрации —
Петра Перевезенцева



Панацейка

Грецкий орех — божественный желудь

Декабрь — время новогодней елки, мандаринов и орехов. Естественно, грецких. Они такие большие, красивые, вкусные, а если их аккуратно расколоть, из половинок скорлупы получаются чудесные лодочки. Давайте посмотрим, чем еще нас может порадовать этот великолепный плод.

Начиналось все довольно грустно. Греческий бог Бахус влюбился в Карию, младшую дочь царя Лаконии Диона. Две ее старшие сестрицы пытались помешать влюбленным встречаться, и Бахус превратил их в камень, а Карию — в ореховое дерево. Ну сами подумайте, как еще он мог поступить? И вот уже много тысяч лет этот замечательный орех, одно из старейших пищевых деревьев, растет в Юго-Восточной Европе, Южном Закавказье, Средней и Центральной Азии вплоть до Гималаев и Тибета.

В Древней Персии грецкий орех полагался только царственным особам и назывался королевским орехом.

Он упомянут на резных стелах «Кодекса Хаммурапи», среди законов, регулирующих питание. Специально выращивать грецкие орехи стали древние греки, которые использовали их не только как еду, но и как лекарство и краситель для волос, шерстяной пряжи и тканей. О персидских орехах писал древнегреческий ученый Теофраст (около 370 до нашей эры — между 288 и 285 годами до нашей эры).

Из Эллады орехи попали в Рим, Марк Теренций Варрон (116 — 27 до нашей эры) в своем труде «О сельском хозяйстве» называл орех греческим. Греки и римляне рассыпали грецкие орехи в спальне новобрачных как символ плодovitости. Постепенно грецкий орех распространился по всей Азии, Европе и Северной Америке, на Руси, например, его выращивали в монастырских садах еще девятьсот лет назад. Хотя это теплолюбивый вид, он переносит морозы до -30° и даже -40°C .

Латинское название *Juglans regia* дереву дал Карл Линней. *Juglans* — это сокращенное выражение Jovisglans, то есть желудь Юпитера, а *regia* означает «царский». В общем, перед нами небывалый, божественный желудь, не чета обычным.

На самом деле грецкий орех, конечно, желудям не родня. Он относится к семейству ореховых Juglandaceae, которое включает 10 родов и около 60 видов, из которых 21 вид приходится на род *Juglans*. *J. regia* — самый известный из них. Его плод покрыт относительно тонкой зеленой оболочкой, околоплодником. Когда плод созревает, оболочка лопается, открывая косточку. Именно ее мы называем грецким орехом. Твердая оболочка косточки («скорлупа») скрывает мягкое ядро с двумя морщинистыми семядолями, покрытыми тонкой пленочкой. А еще внутри ореха есть твердые перегородки — диафрагма, которую обычно выкидывают, а зря, потому что абсолютно все части ореха, а также цветки и листья, кора и древесина, содержат более 200 биологически активных веществ, в том числе полифенолов (танинов, флавоноидов, фенольных кислот) и жирных кислот. Кору и древесину не обдирают, это значит погубить дерево, а из скорлупы и диафрагмы полифенолы экстрагируют.

Скорлупа зрелого ореха состоит в основном из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Но при медленном пиролизе (термическом разложении почти без кислорода) из нее образуется желтовато-коричневая или темно-коричневая жидкость сложного состава — пиролиновая кислота. Благодаря фенольным соединениям ее используют как противомикробное и противовоспалительное средство.

Полифенолы известны как антиоксиданты и противовоспалительные соединения. В 2006 году норвежские ученые проанализировали содержание антиоксидантов среди 1113 пищевых продуктов, потребляемых в США. Грецкий орех занял второе место, уступив только ежевике.

По совокупности содержания полезных веществ грецкий орех почти не имеет аналогов в растительном мире. Появляются они на стадии молочно-восковой спелости, когда скорлупа еще мягкая. В это время орех содержит максимальное количество витамина С, в 3 — 4 раза больше, чем в шиповнике, в 5 — 6 раз больше, чем в черной



▲ Мужские соцветия грецкого ореха

▼ Женские цветки



смородине. Содержит он и йод, которого больше всего в зеленой оболочке (его извлекают спиртовой экстракцией). В молодых листьях йод тоже есть, но там его раза в три меньше. Свежие листья долго не хранятся, поэтому их сушат. К сожалению, значительная часть йода при этом улетучивается, но кое-что остается.

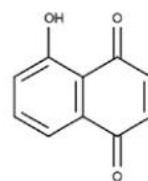
Те, кто рвал неспелые орехи, знает, как они пачкают руки. Это юглон (5-гидрокси-1,4-нафтохинон) — краситель и антимикробное соединение с широким спектром активности. Он справляется с доброй сотней видов патогенных бактерий и грибов, в том числе с золотистым стафилококком, синегнойной палочкой и патогенными дрожжами кандидами. Другие полифенолы зеленого ореха также обладают бактерицидным и противовоспалительным действием.

В народной медицине молодые листья и зеленую оболочку грецкого ореха используют для лечения кожных воспалений и язв, как вяжущее, обезболивающее и антигельминтное средство.

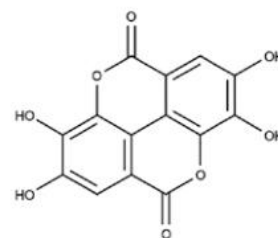
Два лекарственных растительных препарата — Югланэкс и Тонзилгон — включены в Государственный реестр лекарственных средств России. Югланэкс — спиртовой экстракт свежих плодов грецкого ореха. Его назначают при нарушениях венозного кровообращения. Тонзилгон —



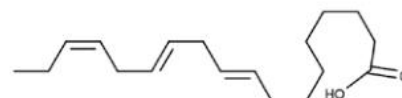
Плоды грецкого ореха. Когда они созреют, зеленая оболочка треснет и мы увидим косточку



Юглон



Эллаговая кислота



альфа-линоленовая кислота

комбинированный препарат, в состав которого входят несколько видов растений, в том числе листья грецкого ореха, предназначен для профилактики осложнений при респираторных вирусных инфекциях. Несколько лет назад в Иране провели клинические исследования, которые показали, что спиртовой экстракт листьев, принимаемый в течение трех месяцев, улучшил липидный профиль и контроль уровня глюкозы у больных диабетом 2-го типа без каких-либо ощутимых побочных эффектов.

Полезны зеленые плоды и листья грецкого ореха, но вернемся все-таки к спелому. Отложим для экстракции скорлупу и диафрагму и распробуем свежее ядро. У него слегка вяжущий вкус из-за высокого содержания фенольных соединений. Оно маслянистое, потому что содержит от 53 до 75% жирных кислот. Примерно пятая часть из них ненасыщенные, и почти 14% всех жиров приходится на α -линоленовую кислоту. Это предшественница эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот, известных своими противовоспалительными свойствами.

Данные эпидемиологических исследований показывают, что ежедневное поедание 30 — 100 г цельных ядер грецких орехов улучшает липидный профиль (увеличивает соотношение липопротеинов высокой плотности к общему количеству холестерина) и достоверно снижает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и ишемической болезни сердца. Меньшая доза, 15 г, то есть примерно четыре ядра в день, на здоровье сердца не влияет.

Кроме того, оказалось, что длительное потребление орехов (по 30 г пять раз в неделю) эффективно снижает риск развития сахарного диабета 2-го типа, а у взрослых, которые уже больны, особенно у пациентов средних лет, улучшает состояние эндотелия — слоя эпителиальных клеток, выстилающего внутреннюю стенку сосуда, функции которого при диабете нарушены.

Плиний Старший, живший в I веке, полагал, что тень орехового дерева отупляет. Современные исследователи с Плинием не согласны и считают, что ядра ореха могут улучшить когнитивные способности. Ход их рассуждения следующий. Функции мозга с возрастом ухудшаются из-за воспаления и окислительного стресса. Соединения

грецкого ореха, в частности полифенолы юглон и эллаговая кислота, отлично справляются и с тем, и с другим. Эпидемические исследования показали, что регулярное и длительное, не менее четырех — шести лет, поедание орехов улучшает когнитивные функции, в том числе рабочую память, причем не только у пожилых, но и у людей моложе 60 лет. А восьминедельный ореховый курс не повлиял на когнитивные функции студентов колледжа от 18 до 25 лет. Авторы исследования полагают, что либо молодежь и так умная, студенты все-таки, и улучшать им нечего, либо курс слишком короток.

У людей, которые регулярно едят орехи, особенно грецкие, реже диагностируют депрессию. Исследователи полагают, что грецкие орехи могут быть полезны и при других неврологических заболеваниях, таких как болезнь Паркинсона, аутизм, шизофрения, биполярное расстройство, и некоторых хронических возрастных изменениях.

Тут надо заметить, что к сходным результатам приводит любая диета, богатая полифенолами и антиоксидантами, средиземноморская например. В ее состав входят разные орехи и полиненасыщенные жирные кислоты, и вообще средиземноморская диета — это не только питание, но и образ жизни.

Так что грецкий орех — не панацея, но это один из ценнейших продуктов, чемпион среди орехов по содержанию антиоксидантов и фенольных соединений. Его жирные кислоты полезны, а белки легко усваиваются. Греческий врач Гераклит Тарентский, живший во II веке до нашей эры, считал, что они возбуждают аппетит, и советовал начинать с них трапезу. При этом включение грецких орехов в рацион не вызывает увеличения веса, хотя орехи жирненькие. До конца XVIII века молоко грецкого ореха считалось в Европе заменителем коровьего. Чтобы получить такое молоко, очищенные ядра тщательно измельчают в воде и процеживают, добавляют по вкусу соль и сахар и сразу пьют, потому что суспензия расслаивается.

В общем, ешьте, ешьте грецкие орехи. Они укрепляют здоровье и улучшают настроение, что также очень полезно.

Н. Ручкина



Фото ТАСС

Извержения изотопов фумарол

В 2022 году вулканы не дали забыть о себе. В начале года Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай выбросил в атмосферу высочайший пепловый плюм, осенью на Камчатке проснулась Ключевская сопка. К счастью, большая часть нашей страны не принадлежит к территории с повышенной вулканической опасностью, как Италия или Гавайи, например. Но для Дальнего Востока извержения вулканов — вопрос жизни и смерти. В Японии их 111. В год здесь в среднем бывает 15 вулканических событий, включая извержения. Предсказать

эти смертоносные явления очень трудно. Так, в 2016 году при извержении второго по высоте вулкана Японии Онтэкэ погибло 65 человек. Обычно предвестником беды служат землетрясения, но в этом случае их не было.

Вулканологи давно обратили внимание на фумаролы. Это отверстия и трещины на поверхности и вблизи вулканов, через которые в спокойное время выходят вулканические газы и пары. Их химический состав может пролить свет на состояние расплавленных пород глубоко под вулканом, а значит, и на опасность приближения магмы. Наблюдения показали, что изотопные отношения некоторых газов могут указывать на ее скрытую активность. Так в 2011 году на Канарах вулканологи выяснили, что

отношение He^3/He^4 меняется с характерного для земной коры низкого на присущее мантии высокое. Однако причины не поняты, однозначной интерпретации изотопных отношений нет. Жизнь требует продолжения исследований.

Их провела группа ученых, руководимая профессором Токийского университета Сумино Хирочика (Hirochika Sumino). С 2014 по 2021 год они систематически измеряли изотопные отношения благородных газов и CO_2 из шести фумарол вокруг активного вулкана Кусацу-Сиранэ. Лабораторное оборудование и совершенный масс-спектрометр дали геофизикам возможность надежно фиксировать микроследы мантийного He^3 , а также соотношение $\text{Ar}^{40}/\text{He}^3$. Компьютерное моделирование показало, что оно

связано с интенсивностью дегазации магмы, образованием пузырьков газа и отделением их от ее жидкой части. Объем образовавшейся пены определяет плавучесть магмы и объем газов, которые поступают в природный гидротермальный реактор под вулканом.

Профессор рассказывает, что сбор и доставка газовых проб в лабораторию требуют времени и усилий. Поэтому он разрабатывает портативный масс-спектрометр, который позволит делать экспресс-анализы на месте и быстро предсказывать опасные для людей события. Геофизики также составят подробный протокол анализа проб и инструкции для пользователей. Авторы надеются, что их работа, результаты которой опубликованы в ноябре в *Scientific Reports*, позволит организовать непрерывный и круглосуточный мониторинг фумарол.

Зона в четырех измерениях

Извержения — далеко не единственная опасность, которой подвержен японский регион, принадлежащий так называемому Огненному кольцу. Оно окружает Тихий океан и включает в себя побережья Азии и двух Америк. Здесь иногда буйствуют вулканы, землетрясения, цунами, морские и наземные оползни.

Большую часть кольца занимают так называемые зоны субдукции. Так геологи называют те регионы планеты, в основном на побережьях, где сходятся тектонические плиты. В Северной Америке, например, зона субдукции расположена недалеко от береговой линии северо-западного побережья. Основная догма современной геологии утверждает, что в зонах субдукции одна плита подныривает под другую и, медленно скользя и плавясь, опускается в мантию.

Зоны знамениты самыми мощными явлениями природы. Считается, что трение плит одна о другую вызывает появление цепей вулканов, землетрясения, образование и взрывы магмы и т. д. Механизм тектоники, абсурдный с точки зрения механики сплошной среды и реологии, имеет сильных противников, но никто из

геологов не отрицает опасности зон субдукции, знания о которых пока недостаточно полны и систематизированы.

Такое положение дел заставило Национальный научный фонд США выдвинуть широкую программу исследований зон во времени и пространстве. Ее цель состоит в объединении усилий ученых разных специальностей, размещении новых приборов в опасных регионах и разработке более точных моделей явлений. Руководить проектом будет профессор Эмили Бродски (Emily Brodsky) из Калифорнийского университета в Санта-Крузе. Она заявила, что настало время решить вопрос о том, возможно ли предсказать катастрофические события в зонах субдукции.

Концентрировать экспериментальные усилия Бродски предлагает на чилийской зоне субдукции. Она геологически гораздо активнее североамериканской и аляскинской зон, в которых процессы менее проявлены и динамичны. 70% научных приборов и сетей датчиков будут вести наблюдения у берегов Южной Америки.

План предполагает организовать три рабочие группы, которые будут заниматься земным и морским рельефами, разломами и землетрясениями, магматическими извержениями, а также две группы для обобщения данных и моделирования. В группах примут участие 74 ученых из 55 университетов США.

Карты приполярных регионов

Карты Земли необходимы для научных нужд климатологам, географам, геологам, не говоря о множестве людей других практических специальностей. Поэтому так популярны сервисы, предоставляющие целые наборы карт. Арктические регионы всегда были интересны и исследователям, и широкой публике.

К счастью, никто не обладает монополией ни на спутниковые снимки из космоса, ни на географические карты мира. Правда, с некоторых пор сервисы занялись редактированием

особо интересных мест, например, в Антарктиде. Все это породило в среде исследователей, особенно уфологов, всяческие догадки и спекуляции.

Недавно команда ученых из Университета Миннесоты представила результаты фотосъемки поверхности Земли с помощью высокоразрешающих спутников в течение последних четырех лет. Эти самые детальные топографические карты показывают приполярные регионы планеты. Картографы специализированного центра при университете, обеспечивающего широкий спектр полярных исследований, строили модели рельефа на основе изображений с разрешением всего 0,5 м. На них можно видеть озера, дороги, здания и даже деревья. Карты дополняют уже обнародованные данные предыдущих восьми лет. Проект начинался со снимков, сделанных группой спутников, движущихся на высоте от 0,4 до 0,7 км над землей по орбитам, проходящим над полюсами.

Коллеги авторов работы из университета штата Огайо и его суперкомпьютерного центра создали программное обеспечение, которое обрабатывает и стыкует миллионы изображений, а программисты Иллинойского университета в Урбане-Шампейне обеспечили расчет проекта на суперкомпьютере для научных задач Blue Waters. Картографы заполнили области, которых прежде на картах не было. Теперь у них есть регионы севернее широты 60°, включающие Скандинавию, Гренландию, северную Канаду, и Сибирь, а также области южнее широты 60° с полной картой Антарктиды. Эту карту ученые планируют обнародовать нынешней зимой. Картографы заключили партнерский договор с сетевым облачным сервисом Амазон о том, чтобы в его виртуальном хранилище карты были доступны бесплатно всем желающим.

Одна из управляющих Полярного центра университета Клэр Портер (Claire Porter) говорит, что предыдущий выпуск карт привел к публикации трехсот научных работ. Новые данные дают возможность увидеть динамику изменений поверхности Земли. Ученые смогут понять, как эволюционируют ледники, эрозии,

оползни, последствия наводнений. Портер особо отмечает, что это поможет сохранению планеты и защите людей от потепления. На сайте университета в заголовке прямо так и сказано, что «карты обеспечат новые знания о климатических изменениях», а полярные регионы особо важны, так как «климатические изменения усиливаются на полюсах». По-видимому, глобальное потепление — это самая важная научная проблема.

Климат определяет атмосфера?

Средства массовой информации пугают обывателей глобальным потеплением. Считается, что так природа откликается на выбросы парниковых газов и аэрозолей. К примеру, в 1920–2005 годах повышение температуры океана составило чуть менее 0,5 градуса Цельсия (рост 0,55 град/столетие). Меньше всех пугаются геологи. Полградуса не убедят того, кто знаком с историей Земли за миллиарды лет. Бывали периоды и пострашней.

История климата, к примеру, записанная в слоях льда Гренландии показывает, что резкие перемены прошлого были результатом замедления Атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляции — планетарного течения, переносящего тепло на север Атлантики. Вода в ее приполярной области охлаждается со скоростью 0,4 град/столетие. Многие исследователи связывают изменение климата с замедлением этой циркуляции. Они считают это течение нестабильным и непредсказуемым, но прямых доказательств нет, так как нет длительных наблюдений циркуляции и измерений ее параметров.

Для проверки гипотезы климатологи США под руководством постдока Университета Майами Хе Ченгфея (Chengfei He) разработали новую модель климата. Она дает охлаждение воды за счет атмосферных ветров даже при постоянстве океанических течений. Авторы доказывают, что антропогенное воздействие на атмосферу способно объяснить 50%

падения температуры циркуляционного течения. Причина в том, что постоянные западные ветра Северного полушария охлаждают поверхность океана, унося его тепло. Рост же концентрации парниковых газов и аэрозолей частично компенсирует этот тренд. Исследователи уверены, что роль океана невелика, основной источник изменения климата лежит в атмосфере.

Заметим, что теплоемкость океана много больше теплоемкости атмосферы. Это своеобразный холодильник или печь, регулирующие температуру воздуха. Поэтому утверждения, к тому же модельные, что изменения температуры в океане не приведут к резким изменениям климата, выглядят натянуто. Тем более что получены они на базе несколько размытой логики. Результаты опубликованы в *Geophysical Research Letters* в октябре этого года.

Саморегуляция температуры Земли

За геологическую историю человечества климат Земли не раз менялся самым радикальным образом. Однако жизнь на ней сохраняется миллиарды лет. Это давно наводило исследователей на мысль, что существует механизм с отрицательной обратной связью, который стабилизирует планетные параметры. В частности, он сохраняет температуру Земли в приемлемом для ее обитателей диапазоне. Об этом шла дискуссия во второй половине прошлого века после опубликования английским климатологом Джеймсом Лавлоком так называемой гипотезы Геи.

Профессор Массачусетского технологического университета Дэниэл Ротман (Daniel H. Rothman) и его студент Константин Арнштайт (Constantin W. Arnscheidt) подвели математическую базу под эти рассуждения. Их работа появилась в журнале *Science Advances* в ноябре. Они проанализировали график средней температуры планеты за последние 66 миллионов лет. Палеоклиматологи получили его на основе данных о наслоениях

антарктических льдов и о химическом составе донных осадков из останков обитателей моря. Сегодня датировка такова, что температура известна с шагом не более тысячи лет.

Математический критерий стабильности дает теория стохастических дифференциальных уравнений, которую применяют для поиска закономерностей в данных о величинах с сильными отклонениями от среднего. Без обратной связи они растут со временем, при стабилизации остаются постоянными. Вычисления с временным шагом от сотен лет до десятков миллионов лет показали наличие стабилизации температуры на временном интервале от 4 до 400 тысяч лет. Это первое подтверждение явления отрицательной обратной связи.

Авторы предполагают, что температуру стабилизирует силикатное выветривание, так как его характерная длительность совпадает с временами стабилизации, найденными при анализе. Силикаты горных пород химически связывают атмосферный углекислый газ и захоранивают его в осадочных породах океана, поддерживая постоянство концентрации парниковых газов, а значит, и температуры планеты.

Студент Арнштайт сказал журналистам, что хотя «глобальное потепление будет аннулировано стабилизирующей обратной связью», но ждать этого придется сотни тысяч лет. По его мнению, это слишком долго, чтобы решить сегодняшние проблемы. Заметим, величиной в полградуса за столетие.

Анализ показал, что на интервалах в миллионы лет отклонения температуры растут, на них метод авторов ее стабилизации не находит. Некоторые ученые считают, что надо искать другие ее механизмы явления. Однако профессор Ротман предполагает, что температуру на больших временах определяет вероятность, то есть быть обитаемой планету заставляет чистая случайность.

Выпуск подготовил
А. Гурьянов

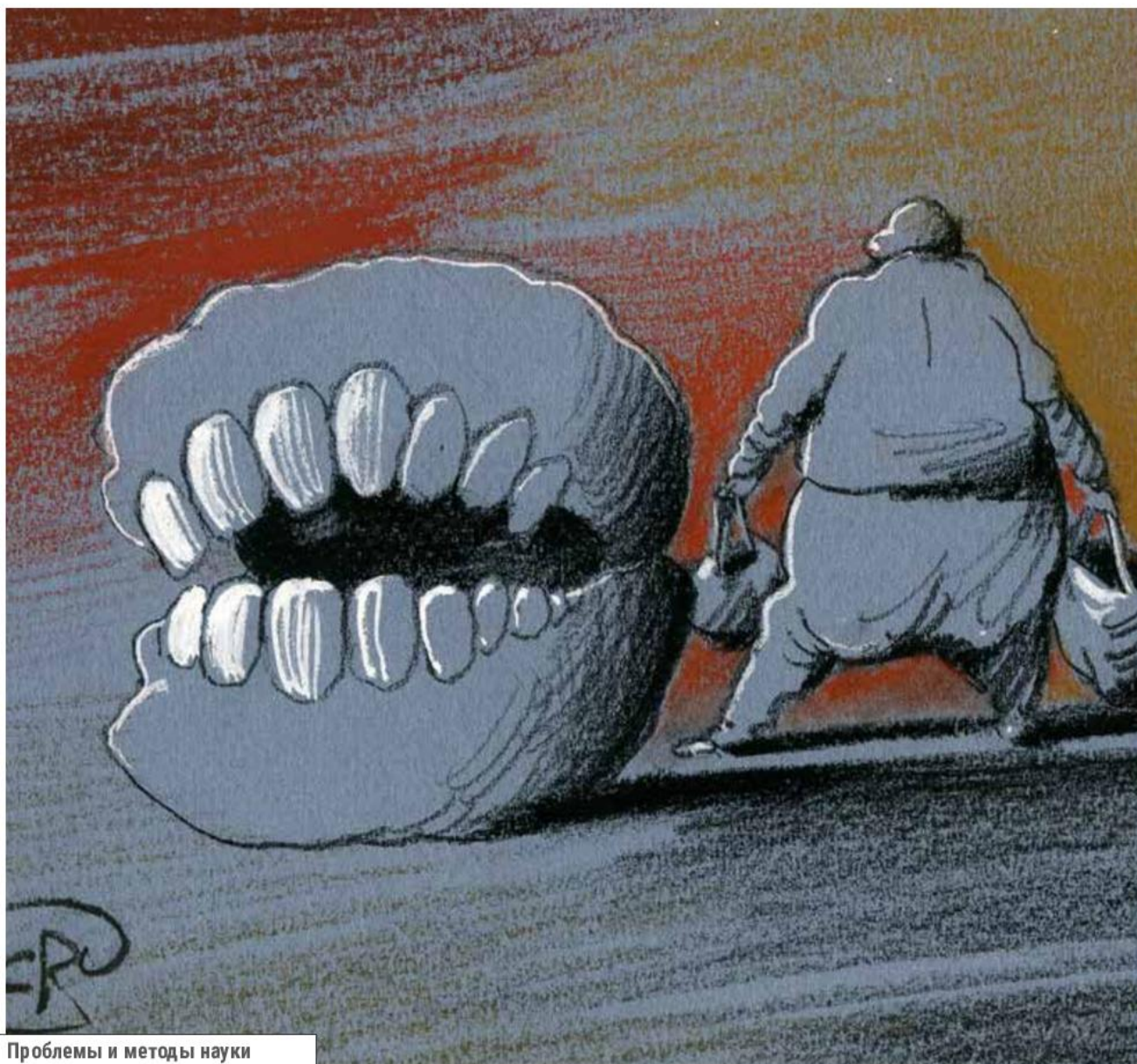


Иллюстрация Сергея Дергачева

Проблемы и методы науки

Кандидат биологических наук
Н.Л. Резник

АВТО- СТОПОМ по зубам

Людам впечатлительным, наделенным живым воображением, лучше сейчас пойти и почистить зубы и лишь потом продолжить чтение. Потому что речь у нас пойдет о кариесе

Битва в сахаре

Ну, что такое кариес, все знают. На поверхности зуба поселяются бактерии, выделяющие кислоту. Кислота разрушает эмаль, вымывая минералы, в основном кальций, эмаль трескается, в зубе образуется дыра. И тут возникает вопрос: почему зуб можно разрушить кислотой, если среда во рту слабощелочная и должна нейтрализовать кислоту?

Потому что бактерии, разрушающие зуб, защищаются от неблагоприятных для них условий, образуя биопленку. Биопленки — это структурированные сообще-

ства микроорганизмов, прикрепленные к поверхности и опутанные внеклеточным полимерным матриксом. Этот матрикс обеспечивает прилипание бактерий к поверхности и соединяет клетки в механически стабильную структуру, от которой зубы очистить сложнее, чем от одиночных бактерий. Матрикс создает локальную нишу, микробный анклав, в котором своя концентрация питательных веществ и своя кислотность. Собственно, вне биопленки во рту не выжить. Матриksы у разных биопленок разные, главный компонент кариесной биопленки — нерастворимые α -глюканы.

Альфа-глюканы состоят из фрагментов глюкозы, соединенных в основном α -1,3- и α -1,6-гликозидными связями. Они образуются в результате действия ферментов глюкозилтрансфераз (Gtfs). Главный производитель этих ферментов, а также основной возбудитель кариеса — бактерия *Streptococcus mutans*. Для построения матрикса она использует сахара. Причем важна концентрация сахара не только во рту, но и в крови. При высоком содержании глюкозы в крови повышается ее концентрация в слюне, что способствует синтезу α -глюканов. Глюкозилтрансферазы работают вне клетки. Они могут связываться с поверхностью зуба и там синтезировать глюканы, которые создают новые посадочные площадки для бактерий.

Альфа-глюкановый матрикс оказался хорошей защитой от внешних бурь. Кариесные биопленки упругие и вязкие, кислота легко диффундирует по всему их объему, сахара туда проникают, а слюна доступа к кислоте не получает и не может ее нейтрализовать. Поэтому в кариесных биопленках кислая среда, много углеводов и мало кислорода. Они приютили многие условно-патогенные организмы, которым нравятся подобные условия, в том числе лактобациллы *Lactobacillus casei*. Сами по себе они плохо держатся на зубах, зато активно встраиваются в матрикс, образуемый *S. mutans*, и синтезируют молочную кислоту, разрушающую эмаль. Есть в этом сообществе и другие бактерии. Некоторые синтезируют глюканы, другие питаются лактатами. Бактерии *Veillonella*, например, преобразуют лактаты в кислый ацетат, который тоже портит зубы.

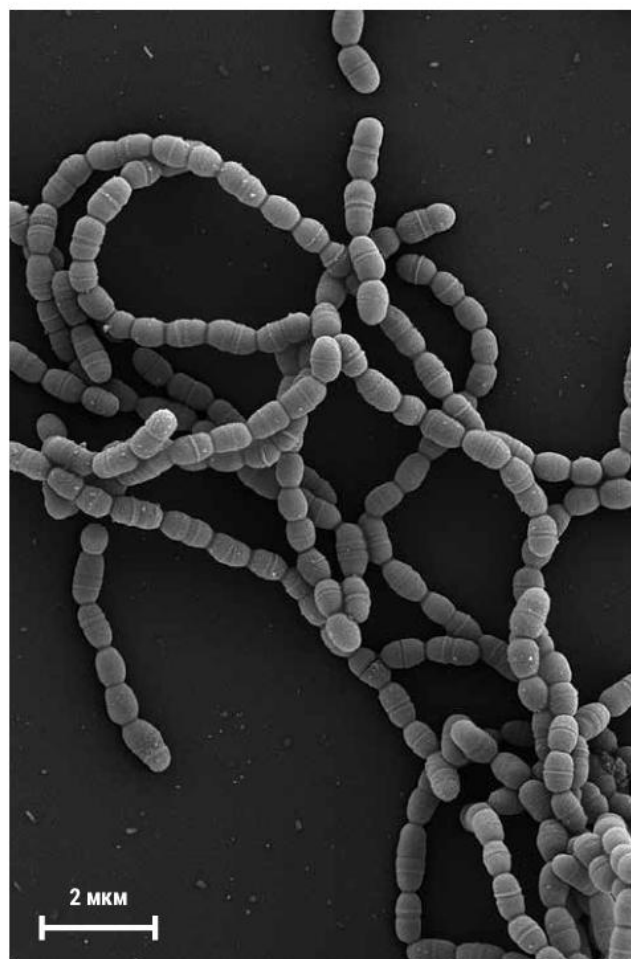
Свежая пленка липкая, ее трудно счистить, а со временем, когда она становится жестче, из нее высвобождаются небольшие группы клеток, которые засевают неколонизированные участки зубов.

Почему бактерии, вызывающие такое тягостное заболевание, как кариес, называются условно-патогенными? Потому что они присутствуют во рту постоянно, однако навредить могут не всегда. Микробное сообщество ротовой полости богато и разнообразно, в нем много бактерий нормальной микрофлоры (комменсалов), и при определенных условиях они имеют перед возбудителями кариеса несомненное преимущество. Многие из них активнее прикрепляются к покрытым слюной поверхностям зубов и растут значительно быстрее, чем бактерии, выделяющие кислоту, и не позволяют им размножаться.

Во всяком случае, так было в доземледельческую эпоху. На древних зубах остаются зубные камни — окаменевший зубной налет, откуда можно извлечь фрагменты древней ДНК и понять, какие бактерии жили во рту человека десятки тысяч лет назад. Так вот, в те далекие времена главный возбудитель кариеса *S. mutans* на зубах не селился. Но стоило людям перейти на зерновые культуры, крахмал и сахара, *S. mutans* начал появляться в летописи окаменелостей, и, по мере увеличения доли рафинированного сахара в рационе, патогенных бактерий становилось все больше, а кариес встречался все чаще.

Ситуация тяжелая, однако комменсалы не сдаются. Они, как мы помним, тоже оседают на зубах. У них есть ферменты уреазы, позволяющие перерабатывать мочевину. В результате гидролиза мочевины образуются аммиак и углекислый газ. CO_2 действует как буфер, аммиак превращается в ион NH_4^+ , повышая pH. А еще комменсалы усваивают аргинин, в результате образуется орнитин, аммиак, CO_2 и АТФ. Метаболизм мочевины и аргинина не только подщелачивает биопленки полости рта, предотвращая деминерализацию и способствуя восстановлению эмали, он также обеспечивает биоэнергетические преимущества комменсалам, что, в свою очередь, сдерживает рост возбудителей кариеса.

▼ Возбудитель кариеса *Streptococcus mutans*. Его клетки соединены в цепочки





Кстати, выпускают зубные пасты с аргинином или соединениями мочевины.

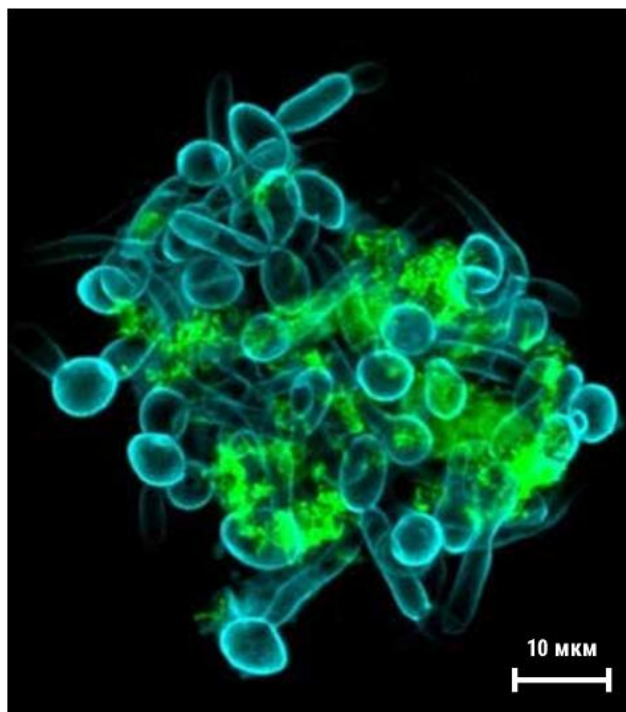
Многие представители нормальной микрофлоры принимают и более активные меры. Они синтезируют перекись водорода, белки бактериоцины и другие противомикробные соединения, губительные для возбудителей кариеса. Увы, *S. mutans* есть, чем ответить. Они выделяют пептидные антибиотики мутаины, эффективные против разных комменсалов. Зато стрептококки-комменсалы, например *S. gordonii*, могут влиять на межклеточные сигнальные системы, необходимые для синтеза мутаина.

В общем, комменсалы бы одолели, если бы не сахар. После углеводной трапезы pH в ротовой полости на 2–3 минуты может упасть до 4,0 и ниже. Для комменсалов это кислотный шок: при pH 6 или 5,5 они прекращают рост, а при pH 4,0 быстро погибают. Напротив, *S. mutans*, лактобациллы и другие бактерии, выделяющие кислоту, с таким внезапным падением pH справляются. Если поле битвы сладко, оно остается за патогенами.

Конечно, состав микробиоты зависит от возраста человека, гигиены полости рта, состояния иммунной системы, других заболеваний, использования определенных лекарств, вызывающих, например, усиленное слюноотделение. Но именно пищевые сахара роковым образом влияют на структуру и состав биопленок, обеспечивая преимущества микробам, которые перерабатывают углеводы, синтезируют α -глюканы и выделяют кислоту. На этих трех столпах — патогены, сахар и внеклеточный матрикс — и стоит кариес.

▲ Грибок *Candida albicans* существует в двух формах. Он образует округлые, дрожжеподобные клетки и нитчатые гифы, благодаря которым прикрепляется к поверхности и проникает в ткани

▼ Комплекс кандид и бактерий, бактерии группируются вокруг грибов, ближе к центру



Два царства под одной крышей

Кариесом болеют даже маленькие дети, причем у дошколят он часто протекает очень агрессивно. При детском кариесе в биопленках зубного налета вместе с *S. mutans* часто находят известный возбудитель кандидозов, грибок *Candida albicans*. Это сокрушительный союз. У крыс, которых посадили на богатую сахарозой диету, а потом заразили стрептококком и кандидой, развился безудержный кариес.

Исследованием этой биопленки занялась международная группа исследователей под руководством профессора Пенсильванского университета Хёна Ку (Hyun Koo) и Кнута Дрешера (Knut Drescher), руководителя лаборатории Базельского университета. Объект своего исследования они назвали межцарственным сообществом, поскольку *S. mutans* относится к царству бактерий, а *C. albicans* — к царству грибов.

Для исследования биопленок ученые использовали два основных метода. Первый — иммунофлуоресцентный анализ, который позволяет избирательно окрасить *C. albicans* и *S. mutans*, причем в разные цвета. Второй метод — конфокальная микроскопия; с ее помощью получают четкие фотографии объемного объекта на разных глубинах, а потом на их основе строят трехмерное изображение.

Для детального исследования сборки биопленок ученые инкубировали бактерии и кандиды в слюне человека при 37°C на гидроксиапатитовой поверхности, имитирующей поверхность зуба. Оказалось, что отдельные свободно плавающие в слюне бактерии и грибки объединяются в кластеры еще во взвешенном состоянии. Бактерии переплетаются с кандидами, все это скрепляется α -глюканами и в таком виде оседает на гидроксиапатитовую пластинку. В этой структуре грибные гифы играют роль каркаса, бактерии его облепляют. При этом они образуют внутреннее ядро, расположенное выше поверхности зуба, тогда как грибковые клетки присутствуют везде: и в толще, и на поверхности пластинки, и в центре, и на периферии.

Итак, у каждого члена этого сообщества своя функция. Гифы *C. albicans* служат якорями комплекса и посадочной площадкой для стрептококков, а бактерии синтезируют глюкозилтрансферазу, которая обеспечивает синтез полисахаридов матрицы. Без любого из этих компонентов комплекс образоваться не сможет. На дрожжеподобных клетках мутантных грибов, у которых отсутствуют гены, необходимые для образования гиф, стрептококки не оседают, и сами кандиды без гиф не прикрепляются к поверхности. Мутанты, которые образуют гифы, но не синтезируют белки адгезины на их клеточной стенке, в межцарственный союз вступить не могут, равно как и мутантные стрептококки, у которых отключены гены глюкозилтрансферазы. А если в слюну добавить фермент глюканогидролазу, который специфически расщепляет α -глюканы, комплексы тоже не формируются.

Но если встреча состоялась, от нее рождается надорганизм с функциями, которыми каждый компонент в отдельности не обладает. Прежде всего, он очень устойчив. Ученые поместили пластинки с грибами и бактериями в проточную кювету и попытались смыть струей жидкости, которая двигалась вдоль поверхности пластинки. Биопленка, образованная *S. mutans*, не выдерживает давления жидкости 10 Па, с гидроксиапатитной пластинки смывается 90% клеток. Чтобы удалить скопление кандид, нужно давление побольше, но при 20 Па удается избавиться от 80% клеток. А после обработки такой же струей межцарственного агломерата на поверхности пластинки остается более 70% патогенов.

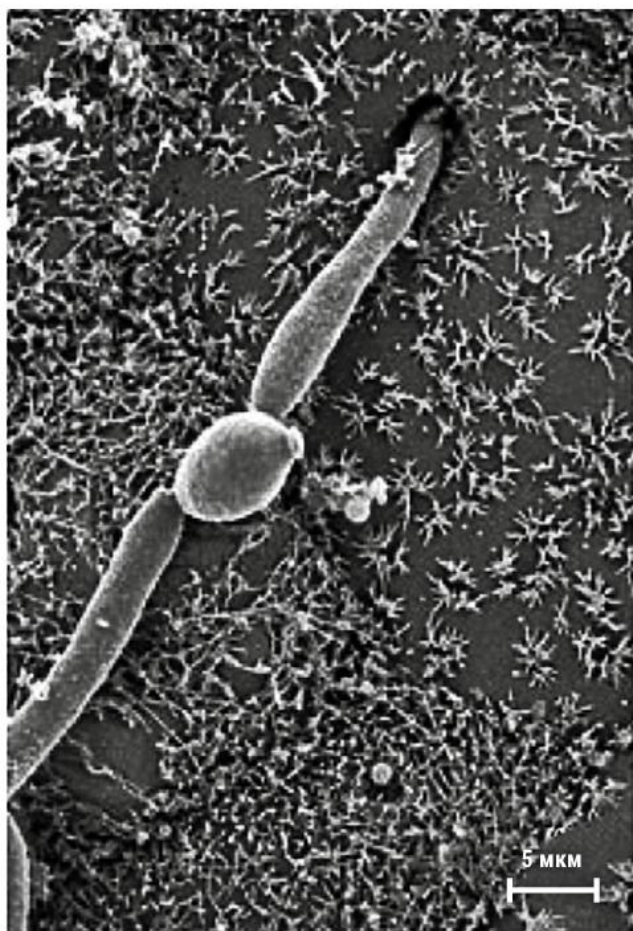
И растет эта биопленка быстрее, чем каждый из видов по отдельности. Причем отдельные сообщества стрептококков так и растут отдельно друг от друга, между ними остаются свободные места. А микробно-грибные комплексы не просто расширяются. Они перемещаются по поверхности навстречу друг другу, сливаются и в конечном счете образуют новое большое сообщество, занимая всю пластинку целиком.

S. mutans — неподвижные бактерии. У них нет ни жгутиков, ни иных приспособлений для движения. В межцарственной биопленке они перемещаются, оседлав кандиду. А у кандид два способа перемещения. Один из них — шажки. Гриб выпускает гифы и ползет, закрепляясь на поверхности, и при необходимости меняет направление движения. Второй способ — прыжки. Гифы с растущего края колонии вздымаются, подобно волне, потом падают вперед, и колония подтягивает тылы. А поскольку бактерии сидят сверху, скачок делает все сообщество.

Исследователи назвали такой способ перемещения *S. mutans* автостопом и уверяют, что аналогов он не имеет. Скорость его велика. В первые три часа межцарственный комплекс двигался со скоростью до 40 мкм/ч, это очень много. Затем он, правда, замедлился и за шесть часов преодолел суммарно около 100 мкм.

Бактерии сидят на грибах, благодаря α -глюканам. Если расщепить полисахариды ферментами, бактерии остаются на месте, хотя и растут непрерывно, и двигаться в ногу с гифами не могут. В этом случае центр их колонии смещается за час менее чем на 3 мкм. Бактерии останутся неподвижными и в случае, когда биопленку обрабатывают противогрибковым препаратом нистатином, который используют для лечения кандидозов. Пораженные грибы гиф не выпускают, и все сообщество стоит.

Вообще-то в обычной жизни кандиды так не прыгают, только в сообществе *S. mutans* на поверхности зуба. Механизмы такого движения пока непонятны. Известно, правда, что тургорное давление в растущем кончике гифы *Candida* может генерировать достаточные силы, чтобы проникнуть через мембрану эпителиальной клетки. Возможно, когда растущие гифы сталкиваются не с мягкой слизистой оболочкой, а с твердой поверхностью зуба, их силы умножаются, и они могут поднять и продвинуть все сообщество.



▲ Растущая гифа *Candida albicans* проникает в эпителиальную клетку

Такая крепкосидящая и быстрорастущая биопленка оказалась к тому же невероятно вирулентной. (Вирулентность — это способность вызывать заболевание.) Хён Ку с коллегами заражали кандидами и стрептококками эмаль удаленных человеческих зубов. Биопленки из *S. mutans* разрушают эмаль, но распределены по зубу довольно редко, оставляя значительную поверхность свободной. *C. albicans* на эмали растёт, однако легко счищается и мало повреждает зуб. А межцарственный комплекс покрывает эмаль плотным сплошным слоем и разрушает сильно: поврежденные участки видны даже невооруженным глазом, причем повреждения более глубокие, чем при бактериальной инфекции.

И ведь не только счистить эту пленку сложно, но и вылечить тяжело. Хлоргексидин, общеупотребительное противомикробное средство для полоскания рта, уничтожает бактериальные или грибковые биопленки за одну минуту. А межцарственная агломерация оказалась устойчивой к хлоргексидину, и лишь небольшая часть клеток, расположенных на поверхности, погибала через пять минут. *C. albicans*, проживающие в сообществе, оказались устойчивы и к нистатину в обычной концентрации, 250 мкг/мл. А на *S. mutans* нистатин вообще не действует.

Не каждая пара «грибок – стрептококк» создает такой сверхстойкий и супервредный союз. Исследователи попробовали объединить кандиду с другим стрептококком, комменсалом *S. gordonii*, который тоже образует налет на зубах. Сообщество с *C. albicans* они сформировали, но оно легко смывается с поверхности зуба и не защищено от хлоргексидина и нистатина.

Надо бороться

Чем больше мы узнаем о патогенах, тем больше нас поражают их возможности. Но мы не будем пугаться, а воспользуемся полученными знаниями. Оральные биопленки – одно из самых сложных природных полимикробных сообществ. Их много, плохих и разных. Они образуются на слизистых оболочках, поверхностях зубов и имплантов. Это уникальная среда, где взаимодействуют хозяин, его диета и его микробы. На это взаимодействие и надо нацеливаться, чтобы победить кариес.

Самый явный способ, видимо, действенный, но труднореализуемый — избегание сахара. Сахар подпитывает условно-патогенные микроорганизмы, такие как *S. mutans*, и превращает их в патогенов.

Можно задействовать межмикробные взаимодействия и поспособствовать росту нормальной микрофлоры. Например, *Streptococcus gordonii*, которые нейтрализуют кислоты в биопленках (то, что они это могут, проверено на животных), будут рады L-аргинину. Можно принимать пробиотики, которые увеличат долю полезных бактерий относительно патогенов. Существуют также видоспецифичные противомикробные пептиды или небольшие молекулы, которые избирательно подавляют рост *S. mutans* в многовидовых биопленках.

Даже такой монстр, как межцарственная биопленка, поддается противогрибковым препаратам в достаточной концентрации или ферментам, разлагающим полисахариды.

Для лечения биопленок Хён Ку с коллегами разрабатывает многофункциональные наночастицы. Специальные носители, способные связываться с поверхностью зуба, доставляют наночастицы в зону контакта биопленки с эмалью. Наночастицы связываются с бактериальными полисахаридами. Если среда в биопленке кислая, наночастицы активируются и выделяют лекарство, которое разрушает биопленки, образованные *S. mutans*, в несколько раз эффективнее, чем тот же препарат без наночастиц. Новое средство испытали на крысах, зараженных кариесом, препараты наносили местно с помощью специального аппликатора. И хотя воздействие было кратковременным, по одной минуте дважды в день, исследователи нашли результат превосходным. Скорее всего, чтобы справиться с биопленками, понадобятся комплексные методы. Можно, например, сочетать антимикробные пептиды с ферментами, разрушающими матрикс.

Так что теоретическая возможность победить кариес у человечества есть. Будем утешаться этой мыслью в очереди к стоматологу.

А. Гурьянов

Круги исцеления

В предыдущих номерах мы познакомили наших читателей с висцеральной практикой, а также дали представление о безынструментальных диагностических методах. Эти древние медицинские разделы воссозданы по крупицам и углублены выдающимся врачом, нашим современником Александром Тимофеевичем Огуловым. Серию публикаций мы завершаем рассказом о его теоретических представлениях. Речь пойдет о взаимосвязях внутренних органов человека, проявляющихся при недомогании, болезни и выздоровлении.

Эстафета болезней

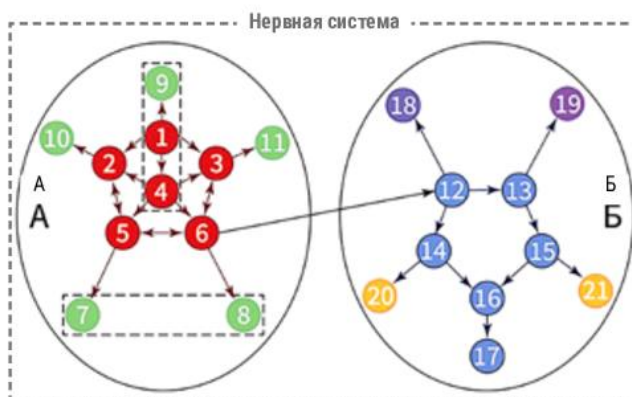
Висцеральная терапия опирается на распространенную когда-то на Руси теорию развития заболеваний, корни которой теряются в глубинах веков. Еще полтора столетия назад она была хорошо известна многим народным целителям. Но в начале прошлого столетия эта теория исчезла из обихода врачебной науки. Ее заменили европейские представления о симптоматическом лечении.

Сегодня узкая специализация медиков, лечащих определенные болезни и конкретные органы, дошла до абсурдных пределов. Однако число больных в мире только растет. Поэтому холические, то есть целостные, методы оздоровления, практикуемые во многих восточных медицинских системах, все больше привлекают внимание и медиков, и обычных людей.

Именно к таким принадлежат представления старорусской медицины об организме. Согласно им, процессы оздоровления и развития заболеваний у людей и животных укладываются в единую модель. Это так называемые круги или циклы взаимодействий, универсальные схемы, представляющие последовательность восстановления здоровья или, наоборот, усугубления нарушений во внутренних органах. Причины же нарушений и дисфункций могут быть самыми разнообразными.

Круговые закономерности напоминают спортивную эстафету, во время которой бегуны передают друг другу эстафетную палочку. Различие только в том, что отдавший палочку спортсмен останавливается и отдыхает, но внутренний орган, в котором начались нарушения, продолжает «бежать». По мере их усиления, он ослабляет другой зависимый от него орган. И этот другой, после развития в нем патологии, передает эстафету следующему. Так прогрессируют дисфункции в работе организма, и болезни.

Все «бегущие» вместе органы накапливают общий фон усталости и патологий, которые еще больше расстраивают функции всего организма, нарушают его целостность. Такое упрощенное представление не учитывает некоторые нюансы, но позволяет понять явления, происходящие в теле человека и при развитии заболеваний, и при их излечении, например, манипуляциями с органами брюшной полости.



Взаимосвязи внутренних органов показаны на рисунке. Он изображает два условных овала, которые мы далее будем называть кругами взаимодействий и обозначим буквами А и Б. Органы представлены кружочками с цифрами. Порядок цифр показывает последовательность развития нарушений в занумерованных органах, а направления стрелок обозначают их взаимные влияния. Круги взаимодействий заключены в общий прямоугольник, символизирующий центральную нервную систему, которая управляет всеми процессами жизнедеятельности организма. Графика внутри овалов напоминает пляшущих человечков с широко расставленными руками и ногами. Один из них стоит на ногах, другой – на голове.

В круг взаимодействий А входят желчный пузырь (1), печень (2), поджелудочная железа (3), тонкая кишка (4), восходящий отдел толстой кишки (5), нисходящий отдел толстой кишки (6), половые органы малого таза (7, 8), желудок (9), селезенка (10), суставы ног (11).

В центральном пятиугольнике в кружочках под номерами (1 – 6) заключены символы органов, которые сильно связаны друг с другом. Это означает, что если нарушения затронули какой-либо из них, то врач должен работать с каждым. И соблюдение этого условия

тем более важно, чем сложнее патология и тяжелее состояние пациента. Если вести работу только с одним или несколькими из шести сплоченных органов, то это приведет к нарушению нервно-гуморальных отношений и состояние пациента резко ухудшится. Чем слабее больной, тем выше такая опасность. Органы, которые не входят в замкнутый пятиугольник, индивидуальную терапию переносят легко и без обострений. Конечно, при условии умелого и умеренного воздействия на них.

При профилактике практически здорового человека допустимы манипуляции только с тремя верхними органами (1, 2, 3), одним центральным (4) и находящимися вне пятиугольника органами (9, 10, 11). При этом органы (5, 6, 7, 8) врач не затрагивает. На следующем этапе оздоровления можно проводить отдельные манипуляции с нижними органами (5, 6) и обведенными пунктиром органами (7) и (8). Эти простые правила лучше не нарушать.

Органы (1), (4) и (9) объединены прямоугольником в единую группу потому, что они сильно зависят от различных стрессов и очень чутко реагируют на психоэмоциональное состояние человека. Органы малого таза (7) и (8) также обведены пунктиром, так как тоже имеют общие признаки.

Круг Б представляет второй цикл последовательности функциональных нарушений. Порядок органов в нем следующий: левая почка (12), правая почка (13), левый мочеточник (14), правый мочеточник (15), мочевого пузыря (16). Органы вне пятиугольника: предстательная железа у мужчин и матка у женщин (17), сердце (18), легкие (19), левое ухо (20), правое ухо (21). В отличие от круга А, в круге органов Б терапия всех органов пятиугольника за одну процедуру не обязательна. Тем не менее при их совместном оздоровлении врач всегда достигает лучших результатов.

Патологии, сформировавшиеся в круге А, на определенном этапе их развития могут способствовать появлению и развитию нарушений во внутренних органах круга Б. Эстафета, что называется, идет на второй круг. На схеме это показано стрелкой, проведенной от первого овала ко второму.

Закономерная терапия

По наблюдению Александра Тимофеевича, патологические взаимосвязи круга А более свойственны людям с темными глазами, круга Б – со светлыми. В среднем наиболее распространен А цикл развития болезней. Опыт показывает, что если расстройство здоровья развивается по типу, свойственному цвету глаз пациента, то оно потребует большего приложения усилий врача. Такой больной дольше выздоравливает.

Хотя болезни органов круга А, как правило, служат причиной развития патологий круга Б и передают ему эстафету, возможны исключения. Иногда болезни органов второго круга развиваются самостоятельно, а не стимулируются заболеванием органов первого.

Как правило, при развитии нарушений в нисходящей ветви толстого кишечника (6) круга А эстафета, как показано на рисунке, передается на анатомически прилежащую ему левую почку (12) в круге Б. Причинами этого явления могут быть сдавливание почки раздутым кишечником, ее опущение, уплотнение ее структуры, кистозы, переохлаждение почки из-за потребления холодной воды, длительного пребывания в холоде, ее механические травмы, врожденные аномалии, вирусные инфекции мочеполовой системы, дефицит или избыточность микроэлементов, витаминов и т. д.

Александр Тимофеевич рассказывает, что взаимосвязи кишечник-почка и их нарушения хорошо заметны на практически здоровых пациентах с нормальными анализами крови и мочи, которые приходят на обследование в его клинику. В пространстве вокруг их левой почки часто присутствует болезненное напряжение прилежащих тканей, а в диагностических зонах тела возникает рефлекторный гипертонус мышц. Он появляется как ответная реакция на функциональное ослабление почки. Но если и в правой почке есть аномалия, то чувствительность ее представительных участков на теле значительно превосходит левую. Этот факт бывает подсказкой для проведения более тщательного обследования правой почки на предмет органических изменений в ней.

Важно знать, что терапия любого органа в кругах взаимодействий обычно улучшает состояние органа, обозначенного следующим порядковым номером, но не предыдущего. Вернее говоря, польза для предыдущих по номеру органов будет незначительной. К примеру, если проработать ручными манипуляциями восходящую ветвь толстого кишечника (5), то улучшится состояние его нисходящей ветви с сигмовидной кишкой (6), но не функциональное состояние печени (2) или желчного пузыря (1). При оздоровлении тонкого (4) кишечника и двух отделов толстого (5, 6) улучшится состояние органов малого таза, но не желчного пузыря (1). Или, например, проработка области мочевого пузыря (16) из второго круга взаимодействий поможет оздоровлению простаты (17), но не почек (12), (13).

Общий принцип состоит в том, что организм человека – это многофункциональная и разномасштабная система. На каждом его внутреннем органе также есть представительные зоны других органов. Поэтому при механическом воздействии на какой-либо орган врач обязательно получает ответ всего организма, ведь он подстраивается под свое новое состояние. Правда, общие изменения, происходящие при работе врача с одним органом, обычно малозаметны.

Если же доктор ведет терапию всего живота целиком, то при правильной дозировке лечебных процедур улучшения будут очень яркими и заметными. Опытный висцеральный практик легко контролирует эстафету выздоровления пациента по проекционным зонам органов, например зонам предплечий рук (см. «Химию и жизнь», 2022, 11).

От начала диагностики и до окончания лечения опытный висцеральный терапевт опирается на знания

круговых взаимосвязей и всякий раз определяет, на каком этапе патологической эстафеты находится его пациент. Эта стройная система помогает доктору выбрать и общую тактику лечения, и его нюансы. Только так он сможет понять, с каких действий следует начинать оздоровление организма, каким органам уделить особое внимание при их реабилитации методами висцеральной терапии, насколько пациент поддается лечению и как далек от исцеления.

У читателя может возникнуть вопрос: «А как же инфекционные заболевания, почему при рассказе в кругах взаимодействий нет упоминания о них?» На этот вопрос в свое время наглядно отвечал известный российский физиолог И.И. Мечников, который на глазах изумленных студентов выпивал стакан воды с эмбрионами холеры. Так он доказывал, что здоровый организм не подвержен инфицированию. Компенсированный человек без грубых расстройств внутренних органов, который имеет хороший иммунитет, к инфекциям не восприимчив.

Конечно, сегодня в городских условиях сложно добиться идеального состояния живота даже висцеральными практиками. Тем не менее и при инфекционных заболеваниях ручные манипуляции улучшают самочувствие пациента и позволяют вкупе с правильным медикаментозным лечением значительно ускорить выздоровление.

Учитывая степень функциональных расстройств органов каждого круга, можно уверенно прогнозировать степень восприимчивости любого из нас к инфекционным заболеваниям. Также можно оценить подверженность заболеванию врача, работающего с инфицированными больными. Если у него нет проблем с желудком, печенью, поджелудочной железой, желчным пузырем, а значит, не «звучат» точки этих органов на теле и в нижней трети предплечья, то угроза его здоровью, к примеру, от больных дизентерией незначительна. У таких докторов пищеварительная система стоит на страже здоровья, и попавшая с пищей дизентерийная палочка будет нейтрализована. Даже если такой человек заболеет, то лечить его значительно легче, так как все его органы и системы готовы к адекватному сопротивлению инфекции.

Пограничные состояния

Недомогание – это пограничное состояние между нормой и патологией. При нем отрицательные изменения в организме уже есть, но они еще не заметны на клинических анализах, частенько даже на результатах компьютерных обследований. К сожалению, такого понятия, как недомогание, функциональное ослабление, в официальной аллопатической медицине не существует. Многие из нас знакомы с ситуацией, когда что-то подсказывает, что со здоровьем не все в порядке. К примеру, возникает головокружение, слабость по утрам, иногда подташнивает, периодически болит живот. Если пациент обратится к врачу с такими жалобами, но его анализы окажутся в пределах нормы, то терапевт, скорее всего, к лечению не приступит.

Сегодня медицина оснащена множеством диагностических приборов, с помощью которых можно оценить работу отдельных органов, их систем или организма в целом. Но с точки зрения практики естественного оздоровления такой подход не всегда информативен и часто неприемлем. Дело в том, что диагностические аппараты определяют лишь отклонения от усредненных норм. Опытный же доктор знает, что не может игнорировать индивидуальные особенности, так как исцеляет конкретного пациента, а не просто лечит определенное его заболевание.

При тепловизионном обследовании пациента с функциональным ослаблением внутренних органов живота, а также позвоночника и конечностей врач-диагност обычно наблюдает множество тепловых аномалий. Это указывает на начало воспалительных процессов, застои и нарушение кровоснабжения различных органов. Приходится только сожалеть о том, что доктора крайне редко назначают тепловизионное сканирование и часто относятся к нему скептически.

Признаки начала заболеваний бывают малозаметными. Многие пациенты не ощущают начала развития патологий из-за слабой иннервации органов живота. К примеру, больные не чувствуют цирроза печени, жирового гепатоза, гепатита «С», образования камней в желчном пузыре, в почках. Женщины не замечают поликистоза яичников, растущей миомы, различных мастопатий. Однако патологии могут выдавать себя изменениями кожи, перхотью, появлением пигментных пятен, прыщами, сухостью во рту, проблемами зубов и десен, частыми простудными заболеваниями, тяжестью в области спины, кишечными расстройствами, аллергиями, головными болями, страхами, гневом, бессонницей и т. д.

К сожалению, перечисленные симптомы испытывали или испытывают большинство современных людей, особенно тех, кто живет в городах. Но это отнюдь не значит, что такие симптомы нормальны. Некоторые врачи интенсивно лечат эти первые признаки заболеваний, но не устраняют их причины. К примеру, если болит голова, то ее и лечат, хотя причиной боли могут быть, например, проблемы в печени или желчном пузыре.

Исцеление современных болезней

Полторы сотни лет тому назад человечество еще не было обеспокоено ни экологическими катастрофами, ни последствиями лечения синтетическими лекарственными средствами, ни прививками, ни электромагнитными, радиационными, звуковыми или информационными перегрузками. Тогда не употребляли пищу с нитратами, пестицидами, искусственными ароматизаторами, стабилизаторами и улучшителями вкуса, генетически измененными продуктами. У людей того времени были свои, говоря нынешним языком, сильные стрессы.

Сегодня стрессы по-прежнему вредят здоровью людей, особенно живущих в городах. В напряженные моменты их жизни происходит резкая гормональная

перестройка всего организма, усиливается действие желез внутренней секреции, изменяется гемодинамика крови, идет мобилизация организма по принципу бей или беги. Длительное пребывание человека в состоянии стресса приводит к истощению желез внутренней секреции, интоксикации и в конечном счете к самоотравлению организма с нарушением обращения крови и лимфы.

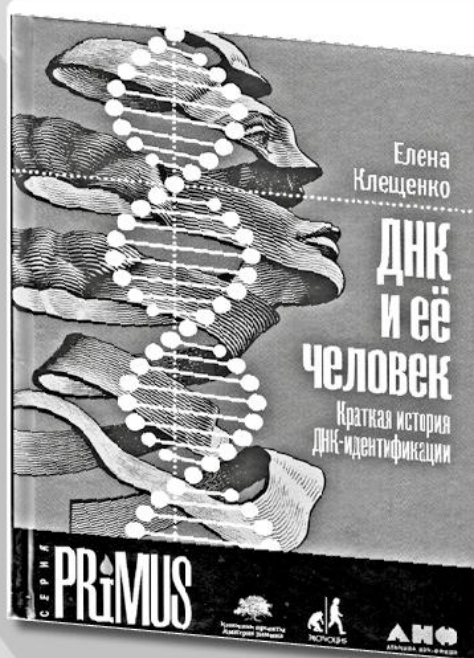
Все перечисленное отражается на работе внутренних органов, вызывает глубокие гормональные и функциональные расстройства, которые проявляются на коже, позвоночнике и мышцах, сказываются на психике и качестве жизни. Это часто вызывает снижение болевой чувствительности пациентов, отсутствие температурной реакции при вирусном инфицировании, неадекватную реакцию сосудов. Особо стоит отметить вред малоподвижного образа жизни, результатом которого бывает раздутый газом толстый кишечник, избыточный вес, дурные привычки. Смерть таких пациентов наступает неожиданно для окружающих, и только патологоанатом может определить ее истинную причину.

Пока мы сильны и энергичны за счет компенсаторных качеств молодого организма, мы не обращаем внимания на такие мелочи, как преходящую болезненность живота. Иногда, случайно надавив на живот, человек чувствует какую-то неопределенную боль в глубине. Она, как ему кажется, есть у всех, а не только у него. Иногда эта боль не позволяет спать на животе. Ночью в этой наиболее естественной и физиологичной позе идет сброс застоявшейся желчи. Такая неосведомленность впоследствии заставит человека расплатиться качеством жизни и, конечно, долголетием.

Однако живой организм – это самовосстанавливающаяся система, а болезнь есть заданный природой путь его возвращения в равновесие. Поэтому задача разумного доктора не управлять организмом, а создавать ему необходимые условия для беспрепятственного выполнения программ собственного исцеления. Подход практикующих висцеральную терапию врачей полностью соответствует этому принципу.

Перенявший их знания человек на всю жизнь получает собственную методику исцеления и сам устраняет свои функциональные нарушения. Зачастую висцеральная практика становится основным средством, которое он использует для поддержания своего здоровья и качества своей повседневной жизни. Понимание базовых принципов висцеральной терапии и некоторый опыт позволили многим людям самим разобраться с первопричинами недугов и болезней, а также выбрать пути их профилактики и лечения.

Александр Тимофеевич Огулов особо отмечает, что людей часто удивляет простота подходов висцеральной терапии. Однако в этом нет ничего удивительного. Настоящие исследователи знают, что простота решения задачи, как правило, отличает эффективность метода. Ясность всегда была критерием правильности знания. Как говорили древние: «Simplex sigillum veri», то есть «Простое – значит истинное».



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

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

Книгу можно купить в нашей киоске www.hij.ru.
Цена — 600 рублей с доставкой по РФ.



Астероид Эрос, NASA

Скопления против Ньютона

Закон всемирного тяготения Ньютона — это священная корова современной физики. Угаданную математическую зависимость гению так и не удалось вывести из элементарных явлений окружающего мира. Он писал, что довольно того, что найденный им закон существует. Знаменитое «гипотез не измышляю» было сказано именно по этому поводу. За три с половиной столетия ученые не раз пробовали покуситься на авторитет Ньютона. И вот очередная попытка.

На этот раз речь идет о рассеянных звездных скоплениях, наблюдаемых в спиральных и неправильных галак-

тиках. Эти кластеры содержат от десятков до тысяч звезд и существуют недолго, от нескольких сотен до миллионов лет. Теоретики считают, что звезды в них массово и по астрофизическим масштабам одновременно рождаются в гигантских облаках газа и пыли, чтобы затем разбежаться в разные стороны. Скопления обращаются вокруг центра Галактики по круговым и эллиптическим орбитам, определяемым законом тяготения. Убегающие звезды собираются в двух так называемых хвостах. Один из них движется впереди скопления, другой — позади. Расчеты на основе закона Ньютона показали, что число звезд в обоих хвостах должно быть примерно одинаковым.

Астрономы давно и хорошо изучили пять ближайших к нам рас-

сеянных скоплений. Они нашли, что в каждом из них звезд в отстающем хвосте меньше, чем в лидирующем. Кроме этого, ученые обнаружили, что звездные скопления в близких галактиках живут меньше, чем предсказывает теория Ньютона. Этими явлениями в четырех скоплениях вплотную занялись астрофизики Боннского университета под началом профессора Павла Крупы (Pavel Krupa). На периферии довольно сложно отличить принадлежащие кластеру звезды от фоновых, поэтому исследователи создали специальный алгоритм, выделяющий звезды хвостов на основе направлений их движения, скоростей и возрастов. Он позволил достоверно подтвердить нарушение закона Ньютона в обследованных кластерах.

Простые компьютерные расчеты астрофизиков показали, что данные о распределении звезд хорошо описывают формулы теории МОНД (Модифицированная ньютоновская динамика). Более того, она предсказывает и малое время жизни кластера. Теорию в 1983 году предложил израильский физик М. Мильгром (M. Milgrom).

Модификация состоит в поправках к ньютоновской динамике при малых ускорениях объектов. Теория решает ряд проблем современной космологии, однако ее принятие означало бы изменение базовых понятий. Авторы работы продолжают свои изыскания. Они совершенствуют метод выделения звезд и разрабатывают программу для прямого расчета движения системы многих тел на основе МОНД.

Это исследование вряд ли заставит большинство астрофизиков отвергнуть закон Ньютона. Современная астрофизика, в отличие от классической физики, прекрасно уживается с массой нестыковок и несоответствий. Революционная теория должна будет выстроить астрономические явления в простую и логичную цепь и, более того, обязательно предсказать новые. (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*)

Шрамы Фобоса

Спутники Марса Фобос и Деймос, обнаруженные Асафом Холлом в 1877 году, до сей поры загадка для астрономии. Непонятно происхождение этих малых тел размерами в десяток-другой километров, их странные орбиты, формы и даже рельеф. Особенно удивителен Фобос. Из-за приливного взаимодействия он медленно приближается к Марсу по спиральной орбите. Она проходит глубоко внутри круга, радиус которого называют пределом Роша. Это минимальная орбита, ниже которой спутник должен распасться.

Множество снимков, сделанных с пролетавших мимо спутников космических аппаратов, показали, что Фобос весь покрыт кратерами и многочисленными полосами неглубоких борозд, каналов, которые простираются чуть не по всей его поверхности, часто параллельны и имеют одинако-

вую ширину. Астрофизики выделяют дюжину семейств таких борозд, а по поводу их происхождения написаны десятки научных статей.

Свою лепту в изучение этой проблемы решила внести американско-китайская группа астрофизиков, которой руководил доктор Ченг Бин (Bin Cheng), сотрудник Аризонского университета и Университета Цинхуа. Ученые провели компьютерный расчет механических напряжений, которые растягивают поверхность спутника. Для этого они воспользовались стандартной для малых небесных тел моделью «куча гравия, покрытая упругой оболочкой». Напряжения возникают из-за приливных сил со стороны Марса.

Оказалось, что они могут создавать на поверхности глубокие трещины, параллельные друг другу в направлениях широт и долгот Фобоса. Ученые считают, что когда такие трещины превращаются в разломы, материал их стенок осыпается на дно и образуются борозды, которые мы видим.

Астрофизики сравнили ориентации хорошо документированных космическими аппаратами борозд с расчетами и установили, что некоторые из их предсказаний верны в средних широтах Фобоса. Авторы работы считают, что это доказательство оправдывает принципы их подхода. Вместе с тем они признают, что геометрия каналов гораздо разнообразнее расчетной. К примеру, на спутнике есть аномальные регионы, где борозды попросту исчезают, но модель объяснить это не может.

Исследователи надеются, что прямые наблюдения Фобоса во время планируемого полета японской миссии MMX (Martian Moons eXploration) позволят выяснить причины появления каналов. Прибытие MMX к марсианским лунам запланировано на 2025 год. (*Planet. Sci. J.*)

Эрос и семейства

Астероид (433) Эрос принадлежит к семейству малых тел, которые, как утверждает современная астрофизика, представ-

ляют опасность для нашей планеты из-за возможного столкновения.

Эрос — это одно из самых крупных и хорошо изученных тел. Размеры сильно вытянутого и изрытого кратерами астероида составляют 37х11х11 км. Его поверхность несет на себе следы космических ударов и покрыта кратерами и длинными трещинами, что вполне обычно для астероида такого размера. Он представляет собой сплошное тело, в котором могут распространяться объемные и поверхностные сейсмические волны подобно тому, как это происходит на нашей планете при землетрясениях.

Группа американских астрофизиков во главе с доктором Рональдом-Луисом Балоузом (Ronald-Louis Ballouz) из лаборатории прикладной физики Университета Джонса Хопкинса на основе трехмерной модели астероида измерила отношение глубин его кратеров к их диаметрам по всей поверхности. Оказалось, что вокруг крупного кратера Шумейкер размером в 7,5 км отношение растет с удалением от его центра. Это справедливо для кратеров диаметром более 500 м. Эффект проявлен до расстояний в 10 км от центра Шумейкера. Это значит, что кратеры были частично заполнены выбросами его породы и в разной степени стерты поверхностными волнами, возникшими от внешнего удара небесного тела. Авторы заключают, что это обычное явление для астероидов размерами в 10–100 км, в частности Эроса, который локально ослабил удар не разрушившись. Объем породы, выброшенной в космос при образовании кратера Шумейкера, соответствует объему пятикилометрового астероида.

Оценки возраста кратера в несколько десятков миллионов лет и ряд косвенных соображений заставили авторов прийти к заключению, что метеориты и семейства околоземных астероидов размером менее 10 км могут быть не только частями астероидов, прилетевшими из главного пояса астероидов за орбитой Марса, как это по общему убеждению случилось с Эросом. Околоземные малые тела и метеориты также могут рождаться от околоземных же астероидов при их каскадных стол-

кновениях. Это может происходить в результате выбросов осколков, которым сопутствует образование кратеров типа Шумейкер.

Отметим, что известна альтернативная точка зрения геологов. Она предполагает, что кратеры и осколки вещества из них образуются в результате естественных природных явлений. (*Research Square, 6 Oct 2022*)

Самый полный обзор

Астероиды, о которых шла речь в предыдущей новости, открывают в обычный телескоп. Однако радиотелескопы, работающие в дециметровом диапазоне волн, извлекают более полную информацию о них.

Радарные исследования околоземных астероидов давно стали рутинными. Применение этой военной по происхождению техники неудивительно, ведь официальная наука считает, что некоторые из них могут столкнуться с Землей. Правда, история человечества таких случаев не помнит.

Радары позволяют получить уникальную информацию об астероидах — измерить расстояния до них, скорости, периоды их вращения, а также точно определить форму, вычленив метровые детали рельефа и даже обнаружить их спутники. А кроме того, благодаря поляризационным измерениям, они дают представление о строении и составе приповерхностного слоя астероида до метровых глубин.

В этом смысле радар обсерватории вблизи города Аресибо (Пуэрто-Рико) был уникальным прибором с высочайшим разрешением. Среди широкой публики он печально знаменит тем, что в декабре 2020 года разрушился, не дожив три года до своего шестидесятилетия. Однако вклад ученых обсерватории в астрофизику неоценим.

Только что вышел обзор наблюдений телескопом околоземных астероидов в 2017–2019 годах. Этот самый крупный из известных обзор выполнен под руководством доктора Анне Виркки (Anne K. Virkki) из Университета Хельсинки.

Работа содержит параметры 191 астероида. Астрофизики определили

размеры 167 из них, а для 112 получили поляризационные данные о минералогии поверхности. Два астероида, 2011WN15 и (505657) 2014 SR339, в отличие от большинства силикатных, оказались обогащены металлами. Для 37 тел радар получил данные с разрешением менее 75 м. Наблюдателям удалось выяснить их геометрические размеры и детали поверхности, а также периоды вращения.

Точная форма определена у 33 астероидов со средним диаметром более 200 м. Из них 10 оказались контактными двойными телами с перемычкой между ними (в форме кегли или арахиса). У астероида 2017 YE5 обе части имеют одинаковые размеры, и он предположительно содержит воду. Двойные астероиды образуются при слипании двух тел, но их число вдвое превысило теоретические предсказания.

По современным представлениям, астероиды — это строительные элементы для планет Солнечной системы, оставшиеся со времени ее образования 4,5 миллиарда лет назад. Есть и альтернативные точки зрения. В любом случае, данные радара Аресибо бесценны, так как дают возможность изучать статистику малых небесных тел. Доктор Виркки считает потерю обсерватории невосполнимой утратой, поскольку подобных радиотелескопов в Западном полушарии больше нет. Расположенный в Восточном полушарии китайский FAST с пятисотметровым радиоволновым зеркалом не способен в одиночку обеспечить непрерывный обзор неба. (*The Planetary Science Journal*)

Странная кварковая звезда?

Астрофизики уверены в существовании нейтронных звезд. Это настолько плотные объекты размером в десятки километров, что сильно сблизившиеся в них атомы перестают существовать по отдельности и переходят в состояние сплошной нейтронной среды. Компактное светило надежно удерживают силы взаимного тяготения его частей, а

сверху оно покрыто оболочкой из кристаллического железа.

Теория таких звезд разработана достаточно подробно. Например, расчеты показывают, что эти звезды не могут иметь массы, меньшие 1,17 солнечной. Однако теория не всегда соответствует наблюдениям. Поэтому физики придумали кварковые звезды, в которых нейтроны при высоких давлениях распадаются на *u* и *d*-кварки. Теоретики говорят, что часть из них может даже преобразовываться в *s*-кварк. Это сильно изменит свойства звезд, поэтому их называют странными.

Подходящие под описание объекты долго не находились. Однако в 2022 году астрофизики уточнили параметры нейтронной звезды HESS J1731-347. Это окруженный большим облаком пыли остаток от взрыва сверхновой. Его радиус чуть больше 5 км, а масса равна 0,77 массы Солнца. Данные наблюдений поставили ученых перед дилеммой: либо теория нейтронных звезд неверна, либо открыта первая кварковая звезда.

Три итальянских астронома из Национального института ядерной физики и Университета Феррары, руководимые профессором Джузеппе Паглиара (Giuseppe Pagliara), попытались разрешить эту загадку. Они предложили сценарий образования, объясняющий не только массу и радиус объекта HESS J1731-347, но и его медленное остывание после взрыва. Теория базируется на представлении о сжатии белых карликов, содержащих кварковое вещество в их центрах.

Авторы теории также показали, что к кварковым звездам могут принадлежать объекты с массой от 2,5 и больше солнечных масс. Например — рентгеновский пульсар SAX J1808.4-3658, быстро охлаждающийся, выбрасывающий вещество и меняющий свою яркость, который считают нейтронной звездой.

В заключение теоретики отмечают, что феноменология многостадийных сценариев образования нейтронных и кварковых звезд может быть очень разнообразной. Это означает, что гипотеза на эту тему можно измыслить много.

Выпуск подготовил
А. Гурьянов



Мария Куликова

Иллюстрация Сергея Дергачева

Он существует!

Домашний баловень, обычный рыжий кот, пригрелся на Люсиных коленях. На такого глянешь и сразу поймешь, что это не какой-то там Мурзик, не Пушок, а именно Барсик. Барсик делал вид, что вместе со всеми слушает песни с телевизионного экрана, а на самом деле тонким прищуром тайком зарился на серебристый дождик, переливающийся в огоньках елочной гирлянды. Как же хотелось на него наброситься и жевать, жевать, жевать! Но ведь отберут. Мама будет верещать, папа задаст тапком — никогда без тапка не обходилось. А Люся... Люся засмеется, глядя, как из его пасти вытягивают серебристую ниточку. Но потом обязательно обнимет и пожалеет. Мама вернется готовить салаты, папа поправит елку и сядет на диван... Нет, лучше немного подождать, и тогда уж...

Так было каждый Новый год — каждый раз один и тот же сценарий.

Однако в этот вечер маме вздумалось разобрать морозилку. Все салаты были нарезаны, курица с картошкой еще запекалась, румяные пироги отдыхали под полотенцем. Не бездельничать же теперь. Папа посмотрел на это с осуждением и сказал:

— Ну что тебе неймется-то? Завтра разберешь.

Мама возразила:

— Вот и нет. Завтра я ничего делать не захочу. А сегодня у меня энтузиазм.

— Я с дивана не встану, так и знай.

— Отдыхай. Мне Люся поможет. Да, Люся?

Люся закатила глаза, но решила не ссориться с мамой.

Первым делом мама выкинула из морозилки газетные свертки с вяленой рыбой. Папа крикнул с дивана:

— Воблу не вздумай выбрасывать — это только кажется, что она старая.

Мама поджала губы и подмигнула Люсе, намекая, что папа о рыбе больше не вспомнит. Следом из снежной пещеры была извлечена говяжья кость, затем — множество всяких пакетиков. И как только все это помещалось! Мама без всякого сожаления выгребла гору снежной наледи.

— Тут даже мороженое вытекло когда-то! — сокрушенно сказала мама.

— Мама, не выбрасывай этот снег! — попросила Люся. — Я снеговика слеплю.

— Тебе на улице снега мало, что ли?

— Ну мам! Это же наш снег — личный.

— Ой, лепи. Не ешь его только.

Папа снова не удержался:

— Ешь, ешь. Он же с мороженым. Я бы съел.

Но Люся не собиралась его есть. Через три минуты на разделочной доске появился миниатюрный снеговичок. Две спички стали ему руками. Головки спичек превратились в глаза. Люся взяла обрывок серебристого дождика и заботливо обмотала снеговику шею.

— Вот, мама, смотри! — сказала Люся.

— Чудный снеговик! Отправь его на балкон, не то растает.

Люся поспешила забрать снеговика со стола, чтобы с ним не случилось беда.

Обычно зимой, кроме папы, на балкон никто не выходил. Уборкой снега там занимался он, и в этом деле ему не было равных. Можно было спокойно выходить в тапочках.

Люся осмотрелась. Еще недавно с козырька балкона свисали сосульки. Но пару дней назад их счищали. Жаль. Люсе нравились эти ледяные гирлянды. В солнечное утро они сказочно сияли. А по вечерам в них красиво отражались разноцветные огоньки соседских окон.

Мороз щипал голые ноги, щеки и неприятно застыл в носу. Глядя с балкона на двор, Люся вздохнула — ей вспомнилось, как прекрасно было прошлой зимой, когда в хоккейной коробке прямо под окнами залили настоящий каток. Там даже давали коньки на прокат. Это ли не чудо! Однако летом хоккейную коробку снесли, а на ее месте залили асфальтом парковку. Люся очень любила кататься на коньках, но о своих собственных ей приходилось только мечтать...

Очнувшись от размышлений, она отломила кончик единственной чудом уцелевшей сосульки и аккуратно приделала снеговику ледяной носик.

— Не морковка, конечно, но тоже хорошо! Как тебя назвать-то, друг?

Тут на балкон просунулась голова папы:

— Люся, уши отморозишь. Иди уже домой.

— Стой тут, а я пошла греться, — сказала Люся снеговичку. В двери она оглянулась и прошептала: — Я придумала, ты будешь Хрустальный Нос. Запомни, ты — Хрустальный Нос!

А вы знали, что новогодний снег — волшебный? За час до полуночи начинают происходить чудеса. Если поймать предновогоднюю снежинку и загадать желание — оно непременно сбудется. А если волшебные снежинки попадут на свежеиспеченных снеговиков — те сразу оживут!

С нашим снеговичком из холодильника так и произошло. Только что он был просто горкой снежных комочков — и вот уже очнулся живым. Покачался на разделочной доске из стороны в сторону, прокрутился влево и вправо, пошевелил спичечными руками и сказал:

— Хрустальный Нос. Надо же! Засмеют. Точно, засмеют!

Присмотревшись к своему ледяному носу, он расстроился еще больше:

— Ох, Люся-Люся! За что же ты сотворила меня таким страшилой?!

Тут налетел рой снежинок и поднял грустного снеговичка на воздух.

— Эй! — воскликнул Хрустальный Нос. — Куда вы меня?

Так уж с давних пор повелось, что ожившие снеговики отправляются в Царство Вечной Зимы. Там каждому из них назначается особое дело. Кто-то становится ветродуем, кто-то — снежным мельником. Кто-то управляет гололедом, кто-то снегопадом, кто-то сосульками. Только вот в последнее время волшебных снеговиков стало мало. В иные года и зимы настоящей не дождешься — некому снег по миру рассыпать, некому реки замораживать.

А еще бывают снеговики-ювелиры. Они-то и создают волшебные снежинки. Не при каждом снегопаде можно увидеть уникальные звездочки. Да, ювелиры стали большой редкостью. А все потому, что в новогоднюю ночь мало людей решается выйти на улицу, чтобы под бой курантов слепить снеговика из новогоднего снега, — ведь именно этим снеговикам суждено стать волшебными ювелирами в Царстве Вечной Зимы.

На праздничном столе и половины не было съедено, а уже никому ничего не хотелось.

Папа с мамой сидели в обнимку на диване и смотрели главный новогодний фильм страны. Люся встала, подошла к елке, вытащила из нее пушистую зеленую мишуру.

— Я пошла гулять, — сказала она и исчезла в коридоре.

— Что значит «гулять»? — сказал папа. — На время посмотри.

— Так Новый год же! Хочу большого снеговика слепить. И вы приходите!

Дверь хлопнула. Мама сказала:

— А вот и хорошо! Подарки успеем под елку положить.

Чтобы успеть до прихода родителей, Люся сразу взялась за дело. Она старалась изо всех сил, и последний снежный ком стал головой снеговика ровно в тот момент,

когда отовсюду послышались крики поздравлений, салюты и фейерверки. Люся обмотала шею снеговика блестящей зеленой мишурой. Тут и папа вышел из подъезда. Люся сказала ему:

— Папа, пап! Мне морковку надо. Я забыла.

Предусмотрительный папа достал из кармана морковь. Люся обняла снеговика и сказала:

— А тебя я назову Рыжий Нос. Братьями будете.

И стала носиться вокруг, громко припевая:

— Рыжий, Рыжий,

Рыжий Нос!

Где твой брат

Хрустальный Нос?

Рыжий, Рыжий,

Рыжий Нос...

Вскоре Люся выдохлась и упала в сугроб. На создание снежного ангела у нее хватило только пары усталых движений руками и ногами. Озябший папа сказал:

— Все, пойдем. Дед Мороз наверняка уже подарки принес.

Люся отряхнулась, посмотрела на папу с укором и сказала:

— Я знаю. Видела в том году: подарки мама под елку кладет.

Папа смутился:

— Ну... Так Дед Мороз передает их нам заранее.

— Да ладно, пап, я уже большая. — Люся быстро слепила снежок, бросила в папу и побежала домой.

Тем временем Хрустальный Нос очутился в Царстве Вечной Зимы. Искрящиеся снежинки аккуратно опустили его на тканый коврик с изображением оленей, елок и новогодних шариков-фонариков.

По окружности ледяного зала высились белые колонны, сияющие холодным светом. Вдалеке на огромном снежном троне восседал старик. Его длинная белая борода спадала поверх синего кафтана и змейкой стелилась у подножия трона. Кафтан старика был украшен алмазами, сапфирами и серебром. Старик встал и двинулся в сторону новоприбывшего снеговика, еще недавно бывшего обычным инеем в холодильнике. Стук хозяйского посоха при каждом шаге отдавался звоном сосулек под потолком.

— О-хо-хо! — сказал, приблизившись, старик.

— О-хо-хо!!! — разнеслось эхом.

— О-хо-хо, — пробормотал Хрустальный Нос и задрожал от страха.

Старик посадил крохотного снеговика на свою могучую ладонь.

— Экое чудо чудное! За всю жизнь таких не видывал. Знаю-знаю, слепила тебя Люся. Хорошая девочка. Ну, давай знакомиться. Я — Мороз, правитель здешний. Для детишек — Дед Мороз. Что же ты молчишь?

— У меня это... нос смешной. Стыдно.

— Да что ты! У тебя замечательный нос! Хрустальный! — загудел Мороз. — Рад тебя видеть в моем царстве. Давно я ждал такого, как ты. Будешь здесь сосульками заведовать, Хрустальный Нос! А то они

совсем потускнели за сто лет. — Потом пригляделся, принохался: — А ты что же, из мороженого сделан?

— Всего несколько капель ванильного пломбира во мне, а остальное — снег из морозилки.

— Тогда вот тебе мое новое задание, Хрустальный Нос. Будешь делать мне пломбир. На завтрак, обед и ужин, — мечтательно сказал Мороз.

Тут в ледяную тишину ворвался искрящийся смех волшебных снежинок.

— О-хо-хо! Никак еще одного помощника мне несут?

Дед Мороз величественно огладил бороду и замер в ожидании. Сверху донеслись скандальные крики:

— Эй, все! Хватит! Хватит, я говорю! Поставьте меня уже! Поставьте!

На узорчатый коврик гулко плюхнулся новый снеговик. Стряхивая с себя последние снежинки и не подозревая, кто стоит за его спиной, он продолжал ворчать:

— Что за возмутительные манеры! Прилипли, понимаешь.... Жаловаться буду! Где тут жалобная... Ой! — Снеговик зацепился морковным носом за бороду Мороза. — Здрасьте. Э-э... Я тут это... Прошу прощения... Рыжий Нос, к вашим услугам, — промямлил снеговик и неуклюже поклонился.

— Здравствуй, здравствуй! — сказал Мороз. — Что-то больно уж ворчливые ювелиры нынче пошли. — Обошел вокруг снеговика, поправил на нем шарфик из мишуры. — Да ты, я гляжу, тоже из-под заботливых ладошек Люси вышел. Ох, хорошая девочка!

— Очень хорошая, — подтвердил Хрустальный Нос. Рыжий Нос оживился:

— Так вот ты какой, братишка! Люся сказала, что я твой брат. Хоть и большой, но младший.

Дед Мороз опять довольно зашумел:

— О-хо-хо! Люся-затейница! Порадовала, редких мне помощников сотворила. Славно-славно!

Поправил бороду, стукнул посохом и крикнул так громко, что одна сосулька отвалилась от гирлянды и разлетелась вдребезги по всему залу:

— Э-ге-гей! Сани мои! Поспешим к маленькой кудеснице! Э-ге-гей!

Примчались тут Морозовы сани, все покрытые золотом и серебром, украшенные самоцветами и резными узорами, — загляденье!

— Что стоите да глядите? — Дед Мороз довольно усмехнулся и скомандовал помощникам. — Залезайте быстрее!

Снеговики послушно забрались в сани, младший помог старшему.

Налетел тут рой волшебных снежинок, превратились снежинки в красавца-оленья. Взял в руки поводья Дед Мороз — вихрем помчались сани.

Праздничный город сиял огнями, все дети уже спали. Сладко спала и Люся, обнимая Барсика. И снился ей новогодний сон. Ей снился огромный-преогромный каток — будто вся главная городская площадь была залита льдом,

а вокруг — не дома, а ледяные горы и снежные холмы. Люся кружилась на коньках, а с ней рядом веселились оба ее снеговика. Они едва держались на льду, то и дело падали и поднимались, смеялись и догоняли друг друга. Люся каталась прямо в пижаме, но в шапке и варежках, а на шее у нее развевалась зеленая мишура. Вдруг подул сильный ветер, и кто-то потормошил ее за плечо. Люся попыталась открыть глаза, но веки были слишком тяжелыми.

— Люся. Люся, очнись! О-хо-хо... хо-хо...

— Дедушка, вы же хотели узнать ее главное желание.

«Дедушка? — удивилась Люся сквозь сон. — Какой дедушка?»

— Хотел — и узнал. Закрой-ка балкон, Рыжий Нос, а то девочка простудится.

«Рыжий Нос?» — подумала Люся и вновь попыталась открыть глаза. Как в тумане, она увидела перед собой старика с искристой бородой.

— Кто вы?

— О! Очнулась! — обрадовался старик. — Дед Мороз я, кто же еще.

— Деда Мороза не существует.

— Вот те на! А куда же я делся, интересно? Всегда был, есть и буду.

Люся приподнялась, посмотрела на него с удивлением и недоверием:

— Так ты настоящий?

— Самый настоящий, — с улыбкой сказал Дед Мороз, — не сомневайся.

— А где Рыжий Нос? Я слышала, как ты разговаривал с ним.

— Он пошел закрыть дверь балкона на кухне.

— Пойду посмотрю, — сказала Люся, — а ты, пожалуйста, никуда не уходи.

Пол под босыми ногами был непривычно холодным. Порывы ветра теребили тюль. У двери балкона пыхтел снеговик.

— Рыжий Нос, это ты! — Люся крепко обняла его. — Это так здорово! А где же братец твой Хрустальный Нос?

— А он развешивает на домах гирлянды сосулек, — сказал Рыжий Нос. — Скоро вернется.

Из Люсиной комнаты послышался храп. Рыжий Нос тронул за плечо задремавшего Деда Мороза. Тот вскочил с кровати, схватил посох, поправил шапку и торопливо сказал:

— Прилег на минуту только. Проверил, хороша ли Люсиная подушка.

— Скажи, Дед Мороз, — спросила Люся, заглядывая ему в глаза, — а подарки под елкой ты оставляешь или мама с папой?

— Эти подарки, Люся, готовят твои родители.

— А зачем тогда они говорят, что это ты?

— Они хотят, чтобы ты верила в чудо.

— А я сказала им, что не верю в тебя.

— Но ты же видишь, вот он я. Можешь потрогать мою бороду.

Люся засмеялась, потрогала бороду и спросила:

— А почему же ты сам не даришь детям подарки? Ты же волшебник!

— Верно, Люся, я волшебник, — сказал Дед Мороз. — Однако волшебство — это не только подарки. Метель и снегопад, заснеженные деревья, иголки и ветки, покрытые ледяной глазурью, гирлянды сосулек под крышами домов, пушистые сугробы, в которых так любят валяться дети, — все, что заставляет тебя радоваться зимой, это ведь тоже волшебство. О-хо-хо! Волшебство бывает разное. И вот в чем дело, я пришел к тебе не просто так, а потому что ты сама тоже совершила волшебство. — Видя удивление девочки, Дед Мороз продолжил: — Да-да! Ты подарила моему царству двух редчайших снеговиков. Хрустальный Нос теперь — распорядитель сосулек. Скажу тебе по секрету, мало кому придет в голову сделать снеговика-нос-сосульку. Но лишь снеговик с таким носом могут справиться с сосульками в моем дворце.

— Надо же... Я ведь случайно придумала нос-сосульку.

— Погоди! Хрустальный Нос еще умеет делать шапки вкуснейшего пломбира!

— Правда?

— Вот видишь, что угодно может стать чудом.

— А Рыжий Нос? Он ведь самый обычный. И нос — морковка, как у всех, — сказала Люся.

— А Рыжий Нос вообще выше всех похвал! Знала бы ты, как трудно заполучить снеговика-ювелира.

— Ювелир — это тот, кто делает украшения?

— Верно. Видела аккуратные, словно из хрусталя, волшебные снежинки с тончайшими лучами?

— Видела. Но редко.

— Правильно! — сказал Дед Мороз. — Их создают снеговик-ювелиры. Таких снеговиков можно слепить только в новогоднюю ночь, под бой курантов.

— Я не знала...

— В этом и волшебство. Не все догадываются, что сами являются волшебниками.

Дед Мороз сунул руку в свой мешок, казавшийся все время пустым, и вытащил что-то ослепительно сверкающее. От яркого сияния Люся зажмурилась.

— Это тебе подарок, Люся. С Новым годом! Верь в чудеса!

С этими словами Дед Мороз поцеловал Люсю в макушку и исчез.

Утром Люся проснулась и пошла в кухню на шум кипящего чайника. Мама стояла в привычном фартуке и деревянной лопаткой восторженно указывала папе на великолепный вид за окном:

— Ты посмотри, что за чудеса! Вчера ни одной сосульки не было. А сегодня они на всех домах. Сейчас на градуснике минус двадцать. Неужели ночью было потепление?

Папа жевал вчерашний бутерброд с колбасой и ничего не ответил. Барсик спал у батареи, всем своим видом подтверждая, что на улице очень холодно.

— С Новым годом! — сказала Люся.

— С Новым годом, Люся! — сказала мама. — Ну как, приходил Дед Мороз?

— Конечно, приходил, — сказала Люся и вдруг, будто что-то вспомнив, выбежала из кухни.

— Что это она? — удивился папа.

Мама только пожала плечами и перевернула подгорающий блин.

Люся посмотрела под подушкой, заглянула под кровать. Ведь ей же не приснилось! Ведь Дед Мороз приходил на самом деле!

Под елкой лежали подарки. Люся развернула первый — книга. Книгу «Мамина помощница. Уроки кулинарии для девочек» могла подарить только мама. Во втором свертке лежал выжигатель. Люся как-то сходила на пару занятий по выжиганию в местном Доме детского творчества. Она тогда сделала небольшую картину с котиком — вылитый Барсик. Ей понравилось, но не настолько, чтобы мечтать о приборе для выжигания. Эх, папа...

Но где же подарок от настоящего Деда Мороза?

Люся села на пол и расплакалась. Плачущая в новогоднее утро девочка в пижаме — это настоящий крах всякого волшебства. Мама бросила последний блин и побежала в комнату, крикнув папе: «Выключи газ!»

— Успокойся, Люся, — сказала мама, вытирая ей лицо фартуком. — Скажи, что произошло? Плохи подарки?

— Он был здесь... Был... Я его видела!

— Кто был, доченька?

— Дед Мороз. И снеговик был. Мои снеговик. И подарок был. А теперь ничего нет!

— Люся, тебе приснилось, наверное!

— Не приснилось! Спорим, моего снеговика больше нет на балконе...

Люся с красными глазами и опухшим носом бросилась на кухню. Балконная дверь так резко распахнулась, что Люся чуть не упала. Хорошо, папа вовремя подскочил и удержал ее. Они вместе вышли на балкон.

— Вот, смотрите же, — воскликнула Люся, — снеговика нет! — Тут она увидела гирлянды сосулек. — Это мой снеговик сделал!

Перила были присыпаны свежим снегом. Папа взял щепотку, понюхал и лизнул.

— Это же пломбир!

Мама надела Люсе шапку и накинула на плечи куртку. Втроем они стояли и удивлялись тому, как чудесно преобразился за ночь их двор. Вся детская площадка была одним сплошным катком. Его окружала стена сугробов. Возможно, и они были из пломбира. На льду уже каталось несколько детей.

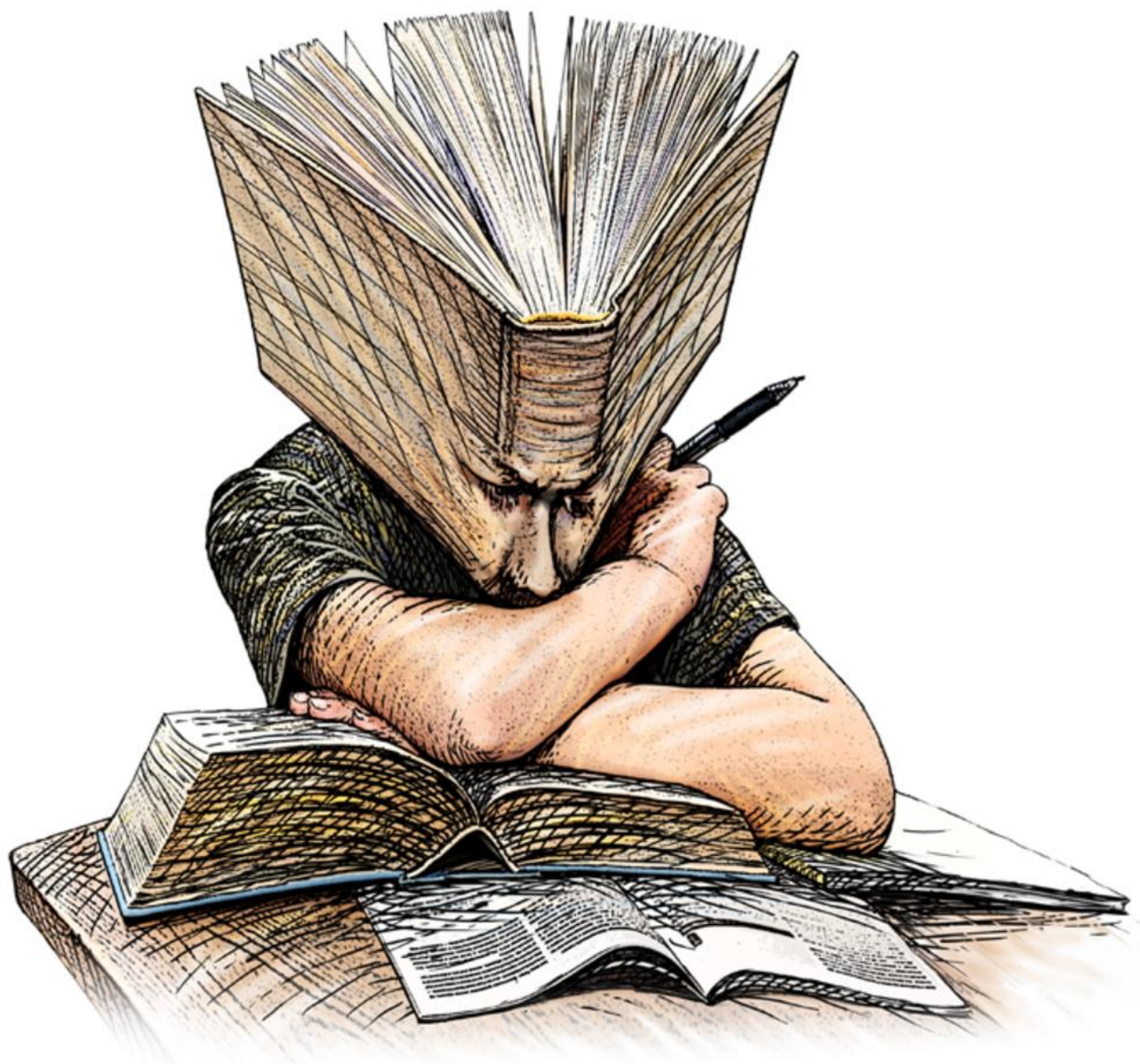
Неожиданно в другом углу балкона Люся заметила красивую коробку. На крышке были нарисованы белые фигурные коньки и стояла печать из крошечных серебряных снежинок с надписью «Верь в чудеса!». Люся схватила подарок, прижала к себе и радостно воскликнула:

— Он существует! Существует!

Михаил Эпштейн

Иллюстрации **Александра Кука**

Книга



Книга — не только отдельный предмет, но и важнейшая материально-духовная форма культуры Нового времени: автономный, дискретный продукт словесно-творческой деятельности, воплощенный в печатной форме.

Книга как форма авторства

На исходе XX века, на фоне взрывного развития Интернета, Умберто Эко выразил убеждение в бессмертии книги. «Книга не умрет, книга останется необходимой — вот я наконец это и

объявляю». Однако, как ни прискорбно, следует признать, что книга постепенно умирает, причем дважды: как субстанция и как форма; как изделие из бумаги и картона — и как форма воплощения авторства.

Речь не только о бумажной книге и ее соперничестве с электронной, не только о медиуме, но и о меседже. Сохранится ли книга как самая полная форма творческого высказывания? Книга содержит в себе все необходимое для выражения авторского взгляда на данный предмет: это рациональный и персоналистический жанр, утверждающий могущество творческой личности, которая вбирает в себя целый мир, будь это роман, сборник стихов или рассказов, монография или трактат. В книге воплощается воля индивида к завершеному, самодостаточному высказыванию. Книга соответствует прямой перспективе в живописи: все упирается в личность и мировоззрение автора.

Но современная текстуальная вселенная предполагает скорее обратную перспективу, то есть многоцентровую, которая реализуется в социальных сетях. При этом перспектива расслаивается на множество горизонтов, охватывающих предметы со всех сторон, а не только с одной, обращенной к автору и зрителю. По словам П. Флоренского, «как ближайшее распространение приемов обратной перспективы, следует отметить разноцентренность в изображениях: рисунок строится так, как если бы на разные части его глаз смотрел, меняя свое место» (Флоренский П. Обратная перспектива. 1919).

Новая текстуальная вселенная начинает поглощать книгу. Социальная сеть, блогосфера, совокупность постов/комментариев, разбросанных по множеству сайтов. Это новое жанровое образование, которое расползается по всей Сети, как текстоплазма, ризома, как «пересеченная словесность» (*rugged terrain*). Эти микротексты нельзя прочитать подряд, собрать воедино в книгу, охватить взглядом или смыслом, они центробежны, они значимы лишь в контексте других текстов, они рассеяны по Сети — маргиналии, заметки на полях, пунктиры, россыпи, уходящие во все стороны горизонта. Есть время собирать и время разбрасывать мысли. Книга их собирает, Сеть разбрасывает.

Книга как предмет

Из объекта зрительного книга все больше превращается в объект осязательный, обонятельный и слуховой. Поскольку бумага теряет ценность как источник знаковой информации, заменяясь экраном, — что от нее остается? Прежде всего, запахи разных лет, разной степени ветхости. А также звуки: шуршание, шелестение. И наконец, прикосновения: гладкая, шероховатая, рыхлая, глянцевая бумага. Прикасаясь к корешкам книг, скрывающихся во тьму прошедшего, мы начинаем понимать, чем станет книга для будущих

поколений, — объектом материальной культуры, наравне с теми папирусами и пергаменами, которые когда-то были утешением мудрецов, орудиями жрецов, источниками сокровенного знания, наставниками на путях спасения.

Еще недавно значительную часть нашего времени занимало чтение книг, а значительную часть пространства — сами книги. Мы были со всех сторон окружены переплетами, тиснениями, титулами, страницами. И вот книги постепенно уплывают за исторический горизонт, оставляя на память осязательные ощущения: прикосновение к любимым корешкам, оглаживание переплетов с их глубокими тиснениями, тяжесть увесистых томов, перелистывание нежных страниц. Эти страницы на глазах сереют и шершавеют, потому что восприятие читателя уже отталкивается от образа идеально гладкого и светящегося экрана.

Сама по себе книга постепенно становится архаическим объектом. Ее бумажно-пыльный запах, желтеющие страницы, сама ее материальность — признаки исчезающей цивилизации. Ходишь среди книжных шкафов, полок, стеллажей — и как будто погружаешься в прошлое. В жанре книги еще можно создавать раритеты, произведения книжного искусства, но цивилизация уже двинулась дальше. Глаза привыкли к пространству экрана, к бисерной россыпи электронных букв. Книжные шкафы, ряды корешков — кажется, что все это реликтовый слой, вроде бабушкиных сундуков или старинной мебели, — предмет будущих археологических раскопок.

В нашей цивилизации книга родственна телу, соприродна ему, поскольку некая информация занимает место в пространстве, обладает плотностью, инертностью, непроницаемостью для других тел. Но если информация вычитывается, вычитается из книги как тела и из тела как книги — и начинает странствовать в виде каких-то кодовых матриц или электронных пучков, перебегая с экрана на экран, то само тело, как трехмерный пространственный объект, воспринимается уже как пережиток прошедших эпох. Сведенное к записи генетической формулы, оно будет легко передаваться по электронным сетям с терминала на терминал. Книга и тело, как физические придатки друг друга, разделяют общую судьбу. Американцам уже психологически трудно прикасаться друг к другу, потому что в самом жесте прикосновения чувствуется его архаичность, неадекватность той знаковой субстанции, какую люди собой представляют. Люди становятся все менее телесными, утрачивают ощущение боли и удовольствия. Вместо болящих органов — протезы; вместо удовольствия — здоровье; вместо эроса — спорт... Прикасаться к другому в знаковом обществе — все равно как читать книгу, шевеля губами и водя пальцам по строкам. Только малограмотный может позволить себе так грубо и неприлично отелеснивать знаки.

Библиотека и кладбище

Если долго ходить по современным библиотекам, начинаешь остро чувствовать не просто запах пыли, оседающей в легких, но и нарастающий приступ тоски, которую можно назвать библиомеланхолией. Ты попал на кладбище слов и мыслей, а оно еще печальнее, чем обычные кладбища.

Люди знают, что они смертны, и готовятся к своему концу. Некоторых утешает то, что лучшая часть их «я», заветные мысли и чувства, итоги многолетних трудов и изысканий переживут их и останутся в памяти потомков. Израильский писатель Амос Оз так размышляет об этом:

«...Люди приходят и уходят, рождаются и умирают, и только книги бессмертны. Когда я был маленьким, я хотел вырасти и стать книгой. Не писателем, а книгой. Людей можно убивать, как муравьев. И писателей не так уж трудно убить. Но книга!.. Даже если ее будут систематически уничтожать, есть шанс, что какой-нибудь один экземпляр уцелеет и, забытый, будет жить вечно и неслышно на полках какой-нибудь отдаленной библиотеки в Рейкьявике, в Вальядолиде, в Ванкувере».

Амос Оз. Повесть о любви и тьме

Проходя мимо длинных библиотечных рядов, уставленных разноцветными корешками, чувствуешь себя словно в колумбарии, где так же в ряд выстроились разноцветные урны с именами усопших. Чувство даже более тяжелое: там погребен смертный прах людей, а здесь выставлен прах того, что они считали залогом своего бессмертия. Это второе кладбище, куда попадают немногие удостоенные, но зато и запах тления сильнее, ведь оно исходит от самого «вечного», «нетленного».

Кто знает, во что вкладывали свою жизнь те люди, что лежат на кладбищах? Может быть, в рождение и воспитание детей. Может быть, лечили больных или строили дороги и мосты, которые еще служат людям. Может быть, они скрашивали жизнь своим близким или дальним, кого-то радовали своей красотой или веселым нравом. Их следы, их семена рассеялись по миру, и мы не ведаем, на какую почву они упали, где проросли. А здесь все семена собраны в одном душноватом книгохранилище. Ради вот этих фолиантов, которых явно не раскрывала ничья рука, кроме хранителя-регистратора, люди трудились, мучились, изводили себя, лишали тепла и внимания близких. Миллионы лет, миллиарды часов, вырванные кровавыми кусками из человеческих жизней, запечатаны здесь в пожелтевшие страницы и переплеты. У них нет другой жизни, чем на этих полках, но и на этих полках у них жизни нет.

Проходя по этим траурным рядам, испытываешь двойную скорбь: вины и обреченности. Да, есть твоя личная вина в том, что ты не раскрыл этих книг, не воскресил их сочинителей чтением и пониманием, — а ведь они в это верили, ради этого жили. Если и просматриваешь какой-то том, то бегло, рассеянно, вполглаза, заранее зная, сколь хрупко это воскресение и как через минуту опять затеряется их след в этом мире. На это чувство неискупленной вины накладывается другое, не менее печальное. Что останется от тебя самого, сочинителя, кроме еще нескольких переплетов, втиснутых в плотные ряды? Ты, еще живой, скорбишь над книгами-мертвецами, а сам только и занимаешься тем, что пополняешь их строй. Кажется, что покоиться прахом в земле или пеплом в колумбарии не так обидно, как стать еще одной непрочитанной книгой. Та смерть — неминуемая, уготованная всем живым. А эта — результат особо изощренной попытки избежать тления, и оттого вдвойне оскорбительная.

Однажды, бродя вдоль унылых полок, я открыл Эдгара По — и наткнулся на малоизвестный рассказ «The Power of Words» — «Сила слов». Пролетая между звезд, один ангел спрашивает другого, что это за миры вокруг и кто их сотворил. Старший ангел в ответ объясняет ему: «материальная сила слов. Разве каждое слово — не импульс, сообщаемый воздуху? ...Я создал эту мятежную звезду моими словами — немногими фразами, полными страсти».

Я дочитал — и, еще не успев захлопнуть книгу, оказался словно бы в ином пространстве. Библиотека распахнулась и превратилась в подобие Млечного Пути. Стало видно, как из текстов рождаются очертания планет, как планеты эти населяются стихиями, морями, радугами, растениями, как начинает играть лесная и полевая жизнь, как буквы превращаются в букашек, как из строчек слагаются неведомые мне существа со своими повадками и желаниями...

Есть надежда, что оно еще оживет, это кладбище непрочитанных слов. Те звезды, вспышки которых наблюдают астрономы, — не рождаются ли они прямо сейчас в этой библиотеке? И, поставив обратно на полку Эдгара По, я ушел успокоенный. Будет ли книга прочитана, важно для ее читателей. А для самой книги важно быть написанной. Тогда ее ждет неведомая нам судьба.





художник Эрик Шмит

Короткие заметки

Что расскажет унитаз?

Нет, речь не идет о реакции белого друга цивилизованного человечества на попытку напугать его после неудачно проведенного застолья. Речь о более серьезном: как превратить это фаянсовое чудо техники в доброго помощника, способного предупредить о проблемах со здоровьем. О первых шагах к этому рассказали Дэвид Анкалле и Мая Гатлина (David S. Ancalle, Maia Gatlin) из Технологического института Джорджии на 183-й встрече Американского акустического общества (агентство «NewsWise», 28 ноября 2022 года).

Суть идеи в том, чтобы пристроить к унитазу акустический датчик, который станет собирать звуки, издаваемые человеческим организмом при освобождении от продуктов жизнедеятельности, и оснастить его искусственным интеллектом (ИИ). Этот интеллект обучат на результатах наблюдения за самыми разными людьми, как здоровыми, так и не очень, с подтвержденными диагнозами. И что это нам даст? По звуку вырывающихся или kloчочущих в животе газов, журчанию выливающейся жидкости, анализируя динамику процесса освобождения кишечника, такой обученный ИИ имеет много шансов распознать опасность. И предупредить, например, так: а у вас, батенька, что-то струя слабовата, вам бы к урологу заглянуть.

Впрочем, это в будущем. Пока что датчик решает более простую, но не менее важную задачу — обнаружение на ранней стадии эпидемии холеры или какой иной кишечной заразы. Для этого нужно установить в жилищах людей много таких датчиков, и они станут сообщать унитазную информацию в орган здравоохранения. Если там зафиксируют чрезмерную частоту поноса в домах граждан, значит, надо принимать меры.

Давние читатели «Химии и жизни» могут заподозрить, что речь идет о чем-то неувлимо знакомом. И будут правы. Конечно же Дэвид Анкалле сотрудничает с прославленным доцентом Дэвидом Ху, дважды лауреатом Игнобелевской премии, который открыл важнейшие константы живого: времена дефекации и деуринизации, которые не зависят от размера животного. Во всяком случае, в 2021 году именно в соавторстве с доцентом Ху Анкалле подготовил доклад о звуках, издаваемых при метеоризме. Здесь, при анализе звуков от морской свинки, человека и подушки-пердушки, констант найти не удалось: звук, ожидаемо, был тем ниже, чем крупнее объект исследования. Как видим, этот многолетний цикл фундаментальных работ по динамике сплошных сред таки привел к практической разработке: пока к датчику поноса, а там, глядишь, дело и до более серьезного применения дойдет.

С. Анофелес

Пишут, что...

...на протяжении тысячелетий индейские племена на юго-западе США регулярно выжигали небольшие деревья и кустарники, создавая лоскутное одеяло из небольших целенаправленных ожогов, которое защищало от стихийных лесных пожаров (Science Advances)...

...у людей с более высоким уровнем витамина D в мозге лучше когнитивные функции (Alzheimer's & Dementia)...

...волнистая рябь на поверхности сосулек связана с наличием примесей в воде, из которой сосулька образовалась (Physical Review E)...

...подавляющее большинство из тех, у кого диагностирована хроническая обструктивная болезнь легких, имеют отличное психическое здоровье (International Journal of Environmental Research and Public Health)...

...разработан первый общий метод пятистадийного синтеза множества вариантов 1,2,3,5-тетразинов — потенциальных фармпрепаратов и биологических зондов (The Journal of Organic Chemistry)...

...у людей, ставящих перед собой высокие цели, риск смертности от любых причин более чем вдвое меньше, чем у людей, которые этого не делают (Preventive Medicine)...

...впервые идентифицирована ДНК возрастом в два миллиона лет, найденная в ледниках Северной Гренландии, что на миллион лет старше предыдущего рекорда для ДНК, взятой из кости сибирского мамонта (Nature)...

...создана модель «сердечный приступ на чипе» — устройство, которое послужит испытательным стендом для разработки новых сердечных препаратов и персонализированных лекарств (Science Advances)...

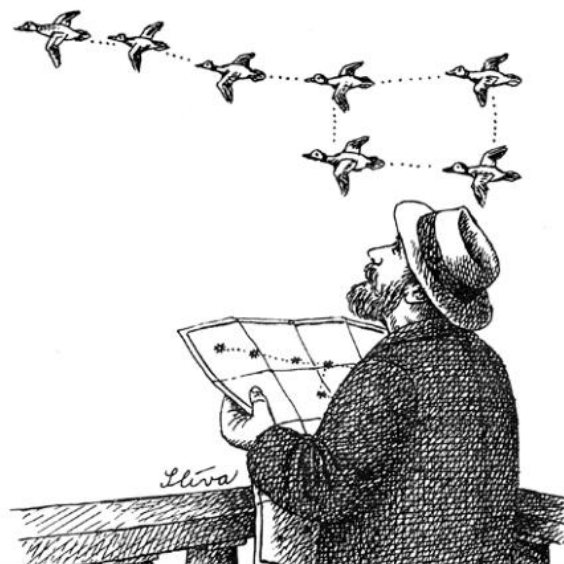
...батарея Na-S — более энергоемкая и менее токсичная альтернатива литий-ионным батареям, которые дороги в производстве и переработке (Advanced Materials)...

...вирус SARS-CoV-2, вызывающий ковид, поражает кортикальные нейроны и, в частности, разрушает их синапсы, которые позволяют нейронам общаться друг с другом (PLOS Biology)...

...покрытые ржавчиной ирригационные трубы намекают на недостаток нитратов в грунтовых водах (ACS ES & T Water)...

...создан одноразовый биосенсор на бумаге, который позволяет надежно обнаруживать в мясе биогенный амин путресцин (1,4-диаминобутан) — признак гниения продукта (ACS Applied Bio Materials)...

художник Юрий Слева



Короткие заметки

Проблема большого кроншнепа

В Золотом веке мир жил в гармонии с самим собой. Но пришел Прометей, обучил человека ремеслам, дал ему огонь, и гармония нарушилась: человек занял место царя природы. Как оказалось, это не только приятно, но и хлопотно. В частности, приходится заботиться о тех, кто в результате стал братом нашим меньшим.

Вот, например, Союз охраны птиц России объявил птицей 2023 года самого крупного кулика — большого кроншнепа. Это птица размером с ворону и с длинным изогнутым клювом, которым она ловко выковыривает из почвы червячков, насекомых и прочую еду вплоть до мелких зверьков. Большой кроншнеп живет по всей Евразии. Лето он проводит севернее, от Северного Ледовитого океана до Алып, степей Казахстана, долины Амура, а зимой улетает на юг — в Средиземноморье, долину Нила, на побережья Африки, Индостана, Юго-Восточной Азии. Еще сто лет назад над всеми этими местами пролетали многочисленные стаи большого кроншнепа, а теперь этот вид оскудел и попал в Красную книгу России и Казахстана. В Западной Европе, впрочем, он сохранился в изрядном количестве. Какие же у этого кулика проблемы?

Очень хочется свалить все на охотников, благо кулик — их излюбленная добыча. Это не так. Большой кроншнеп селится на болотах, а также на лугах, в степях и сооружает гнездо на какой-нибудь кочке, спрятанной в траве. Так вот, человек болота осушает, а луга и степи распахивает либо использует их для животноводства. Кроншнеп лишается гнезда. Но это не все. При дальнем перелете птицам надо отдыхать, а их пути в Юго-Восточную Азию пролегают вдоль побережья Желтого моря. Это теперь курортный рай, отелями занято более четверти протяженности береговой линии, так что пугливым птицам пристроиться негде.

Конечно, с китайскими отелями мы ничего не можем поделать. А вот на своей земле если кто заметит место, где живет большой кроншнеп, надо сообщить об этом в Союз охраны птиц России. Не исключено, что этому месту удастся обеспечить охрану. Однако важнейшее мероприятие — не допускать весенних палов травы. Для расположенных на земле гнезд нет страшнее врага, чем огонь.

А. Мотыляев

Ольга Вэдер

Иллюстрации Елены Станиковой

Не четвертый!

Последний год знамения не радовали: внезапно случались природные катаклизмы, с которыми нечисть справлялась при помощи сильного колдовства, причем Водяной клялся, что озеро вышло из берегов не по его вине, а само по себе. Полевому тоже доставалось — на поля налетела воздушная армия саранчи, и, если бы не Баба Яга, окрестные деревни наверняка остались бы без урожая. После саранчи пришел колорадский жук, но с ним было попроще. Декоративная дракониха Зажигалка, летая ночами, опылила поля и огороды волшебным составом, после чего жуки свалили в неизвестном направлении, оставив под картофельными зарослями множество трупов. Леший замаялся лечить лесных обитателей — у тех вдруг появились забытые болезни и обострения. Деревья повально болели лишаем, дни стали холоднее и сумрачнее.

— Что ж такое происходит? — жаловалась Баба Яга заехавшей в гости Кикиморе.

— Какой-то локальный конец света, — поддакнула зеленоволосая подруга. — Я звонила в Германию Ундине, у них такого нет.

— Верно говорят, что конец света начнется в России, — вздохнула Яга. Затем решительно встала. — А не посоветоваться ли с экспертом?

Спустя минуту бабкина изба на гусеничном ходу резво покатила в сторону Кощеева особняка.

На перекрестке лесных дорог изба вдруг затормозила, тревожно закудаhtав. Старухи выглянули в окно и обомлели: путь им пересекал всадник на белом коне в старинных одеждах. В руках он держал мощный лук с костяными накладками.

Не успели подружки обменяться впечатлениями, как следом из леса выехал всадник на рыжем коне в таком же древнем прикиде и с мечом. Третий всадник на вороном коне уныло размахивал большущими аптекарскими весами с медными чашами.

— Реконструкторы? — предположила Кикимора.

— Непохоже. Так, изба, двигай направо по объездной, на холме остановишься.

Избушка послушно покатила по старой дороге через вырубку. На холме старухи оставили транспорт, строго-настрого запретив кататься по склонам, и крадучись направились к Кощеевым владениям.

После того как питомец Лешего мамонтенок Васька, играя с хеллхаундами, разнес забор, Кощей не стал его





восстанавливать, ограничившись выращиванием живой изгороди. Чары выдохлись быстро, изгородь получилась невысокой. Пригибаясь, подружки подошли ближе и заглянули во двор. Там, привязанные к мраморным скульптурам, стояли белый, рыжий и вороной кони. Поодаль паслась омерзительного вида кляча, бледно-сивая, худая, с торчащими ребрами, но довольно бодрая, судя по тому, как она скакала с газончика на газончик.

Из открытого окна второго этажа доносился ор. Орал и ругался Кощей:

— Что вы за мной ходите, как Терминатор за Джоном Коннором? Достало от вас прятаться, тупицы, сто раз вам уже говорено, что я не четвертый всадник!

Кикимора с Ягой переглянулись.

Незванные гости Бессмертного что-то пробубнили, в ответ Кощей снова заорал:

— Мне вообще плевать, что у вас конец света просрочен, и на вас мне плевать, и на ваше задание тоже, а я не избранный и НЕ ЧЕТВЕРТЫЙ ВСАДНИК, и задолбали вы меня ка-та-стро-фи-чес-ки!

Яга хлопнула себя ладонью по подбородку, отваливающаяся челюсть нехотя встала на место. Кикимора медленно моргала.

Такого они не ожидали, Кощей умел удивлять.

Шумное сопение заставило старух обернуться — в кустах стояли, с любопытством прислушиваясь к голосу хозяина, адские гончие Бессмертного. Неподалеку меж соснами мелькала, удаляясь, лохматая спина мамонтенка Васьки. Звери явно опять вместе где-то бесились с утра пораньше.

— Марш домой! — шепотом спровадила хеллхаундов Яга.

Собаки послушно поплелись к открытым воротцам, а в особняке тем временем страсти накалялись.

— Да отвяжитесь! Чтоб у вас цыгане коней поперли! — Со второго этажа во двор вылетели весы, лук и меч, потом их обладатели.

Разъяренный Кощей высунулся из окна, увидел вернувшихся хеллхаундов и злобно обрадовался:

— Фобос, Деймос, гоните к чертям эту свору, чтоб духу их тут больше не было!

Адские гончие тоже обрадовались и немедленно приступили к исполнению — всадники едва успели вскочить на коней и поднять их в галоп. Перемахнув через изгородь, как заправские конкуристы, всадники помчались, не разбирая дороги. За ними, клацая зубами, с подвываниями неслись хеллхаунды. Где-то вдаль трубой архангела загудел мамонтенок Васька.

Когда дикая охота скрылась в лесу, Яга с Кикиморой рискнули зайти в Кощеев двор. Бессмертный вышел из особняка, навесным футбольным ударом отправил валяющиеся весы за ограду и обратился к старухам:

— Которое тысячелетие нет покоя от идиотов. Сто раз им объяснял, что я не четвертый всадник, нет, талдычат свое, как запрограммированные.

Яга хмыкнула:

— Погоди, так они тебя Смертью считают? Ты ж как раз наоборот, Бессмертный.

— Вот! — Кощей с чувством плюнул на лук первого всадника. — Вот это их главный аргумент! «Что может быть бессмертнее Смерти?»

Опасливо посмотрев на Кощея, старухи призадумались, а тот подошел к бледной кобыле и отвесил ей такого пинка, что лошадь ненайденного четвертого всадника заржала и улепетнула в лес.

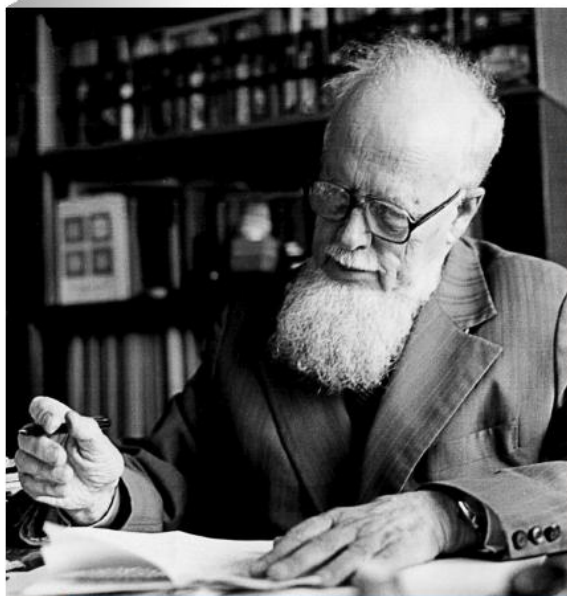
— Все, — зло проговорил Бессмертный. — Шиш им, а не конец света.

И почему-то посмотрел на небо.



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

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



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

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



Правительство
Нижегородской
области