



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

9/2018







НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор

Л.Н.Стрельникова

Заместитель главного редактора

Е.В.Клещенко

Главный художник

А.В.Астрин

Редакторы и обозреватели

Л.А.Ашкинази,

В.В.Благутина,

Ю.И.Зварич,

С.М.Комаров,

В.В.Лебедев,

Н.Л.Резник,

О.В.Рындина

Подписано в печать 11.9.2018

Адрес редакции

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

Адрес для переписки

119071, Москва, а/я 57

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

http://www.hij.ru

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

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

«Арзи» — Объединенный каталог

«Пресса России», индексы — 88763 и 88764

(рассылка — «Арзи», тел. 443-61-60)

«МАП» — каталог «Почта России», индексы

99644 и 99645.

«Информсистема» — (495) 127-91-47

«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

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

© АНО Центр «НаукаПресс»

Генеральный спонсор журнала
компания «Биоамид»



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
работа Джини Триплет. Клюв нужен
птице не только для того, чтобы
клевать: все сложно. Подробности
в статье «Еще о клювах галапагосских
вьюрков».*

*Если учитывать все обстоятельства,
то шансы не выжить — 9 против 5.*

Подражание греческому закону

Содержание

Из дальних поездок

СКАНДИНАВСКИЕ НЕЙТРОНЫ. Д.А.Васильев..... 2

Проблемы и методы науки

УСКОРЕНИЕ В НОВОСИБИРСКЕ. С.М. Комаров..... 6

Портреты

МГНОВЕНИЯ БУДКЕРА. С.М. Комаров 12

Хемоскоп

АБИОГЕННЫЕ МОЛЕКУЛЫ С ПОВАДКАМИ ПАРАЗИТОВ. МЕХАНИЗМ
НУКЛЕОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ НУЖДАЕТСЯ В ПЕРЕСМОТРЕ?
МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ ИЩЕТ ФАЛЬШИВЫЕ РУКОПИСИ. А.И. Курамшин 16

Событие

ПАЛЕОГЕНОМИКА И ПРИНЦЕССА-ПОЛУКРОВКА. Е. Клещенко 18

Научный комментатор

«НЕТ, ВЕСЬ Я НЕ УМРУ...» Н. Резник 20

Нанофантастика

КРАСНЫЙ ФЕРЗЬ. Дмитрий Осин.....21

Проблемы и методы науки

ЧУМА БРОНЗОВОГО ВЕКА. Сергей Ястребов 22

Здоровье

ЛЕКАРСТВЕННЫЙ ФОН ПЛАНЕТЫ. Н.Л. Резник..... 28

Элемент №...

ПОЛОНИЙ. А.Мотыляев..... 32

Расследование

ПОЛОНИЙ И АРАФАТ С.Анофелес 34

Мемуары Игнобеля

КОКА-КОЛА И НОВАЯ ЖИЗНЬ. С.М. Комаров37

Дневник наблюдений

ЕЩЕ О КЛЮВАХ ГАЛАПАГОССКИХ ВЬЮРКОВ. Н. Анина..... 40

Химики и лирики

ПОДОБНЫЙ ЧЕЛОВЕКУ. Владимир Борисов, Александр Лукашин 42

Сто химических мифов

НУЖНО ЛИ УДОБРЯТЬ ОКЕАН? И.А. Леенсон 44

Страницы истории

ПЕРВЫЙ ПОЛЯРНЫЙ ГОД В РОССИИ. Н.В. Вехов..... 46

Панацейка

А ВСЕ-ТАКИ ОНА РЕПА! ПЕРУАНСКАЯ МАКА. Н. Ручкина..... 52

Фантастика

СИНИЦЫНЫ ПТИЦЫ. Наталья Чернышева 54

Поиски смысла

ПОИСКИ ВОЛШЕБНОЙ ПАЛОЧКИ. В.Д.Киселев 58

ИНФОРМАЦИЯ	51, 57	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
		ПИШУТ, ЧТО...	62

Долгожданный, уникальный, удобный!



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

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

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

Скандинавские нейтроны

Весной 2018 года ESS (European Spallation Source — Европейский импульсный источник) организовал экскурсию для группы научных журналистов, среди которых оказался и наш корреспондент **Д.А. Васильев**. ESS — многопрофильный исследовательский центр на юге Швеции, возле старинного университетского городка Лунда. Там строится объект, который со временем станет самым длинным линейным протонным ускорителем с самым ярким нейтронным источником. Он будет готов к 2023 году, однако даже сейчас о только строящемся объекте есть что рассказать.



Фото: ESS

Есть в Асгарде место Хлидскьяльв. Когда Один восседал там на престоле, видел он все миры и все дела людские, и была ему ведома суть всего видимого.

Младшая Эдда. Видения Гюльви

Место для нейтронов

Исследования с применением нейтронов начались с послевоенных экспериментов Клиффорда Шалла и Эрнеста Уоллена в Окриджской национальной лаборатории США и их канадского коллеги Бертрама Брокхауса из Ядерной лаборатории в Чок-Ривер. Эти исследования позволили впервые получить снимки молекулярных структур вещества, а Шалл и Брокхаус удостоились Нобелевской премии 1994 года «за создание нейтронной спектроскопии».

Уоллен не дожил до заслуженного признания.

Свои опыты Шалл и Уоллен ставили на нейтронах, которые получались как побочный продукт ядерной реакции в окриджском атомном реакторе. А первый крупный источник, сделанный специально для нейтронной спектроскопии, построили в гренобльском Институте Лауэ и Ланжевена в 1971 году. Однако со временем нейтронные источники на ядерных реакторах приближались к пределу своих возможностей, и на смену им пришла новая технология — импульсных источников. Главным в ней является ускоритель протонов. Разогнанные в нем сгустки частиц бомбардируют мишень из какого-либо тяжелого металла. Влетающая в ядро высокоэнергичная частица взаимодействует с его отдельными нуклонами и

Будущий комплекс. От кольца ускорителя MAX IV его отделяет несколько зданий

выбивает их из ядра. Остаток находится в состоянии сильного возбуждения, которое снимется за счет испускания гамма-квантов, протонов, нейтронов и более сложных частиц. При этом заряженные частицы быстро теряют энергию на ионизацию материала мишени, а протоны оказываются основной вылетающей из нее компонентой. Их собирают, формируют пучок и отправляют в исследовательский прибор. Первый такой источник построили в Аргонской национальной лаборатории Минэнерго США в 1981 году, а закрыли в 2008-м. Импульсные источники отличаются от реакторных стабильностью работы, безопасностью, высокой яркостью и возможностью создания направленного пучка.

Европейская ассоциация пользователей нейтронных источников (European Neutron Scattering Association, ENSA) высказывалась за строительство самого мощного источника еще с 1993 года, однако этот проект получил зеленый свет лишь в 2011-м, когда 17 стран подписали меморандум о взаимопонимании и определили место постройки будущего комплекса в Швеции с центром обработки и хранения данных в Дании, в Копенгагенском университете. Изначально на роль дома для ESS претендовали еще два города: испанский Бильбао и Дебрецен в Венгрии, но в итоге выбор пал на городок Лунд на



Тоннель ускорителя протяженностью 600 метров



юге Швеции. Его выгодно отличали несколько параметров. Во-первых, это старинный студенческий городок; в Лундском университете сегодня находится часть лабораторий, которые позднее переедут в строящиеся для них здания на территории ESS. Во-вторых, он расположен вблизи уже действующего комплекса MAX 4 — мощнейшего источника синхротронного излучения. Это позволит проводить комплексные материаловедческие исследования с применением обоих источников. В-третьих, транспортная доступность: город находится вблизи международного аэропорта Копенгагена и до-

Ионный источник — первое оборудование, поставленное по схеме «натурального» вклада в проект итальянским Национальным институтом ядерной физики. Его лаборатория в Катаньи делает такое оборудование уже более тридцати лет



браться до него можно на поезде за 40 минут. От железнодорожной станции до самого комплекса будет курсировать трамвай, линия которого сейчас строится. Строительство же самого ESS началось в 2014 году.

Нейтроны в физике, химии, биологии

Чем хороши нейтроны для разного рода исследований? Будучи нейтральными частицами, они, двигаясь в твердом веществе, как взаимодействуют непосредственно с ядрами атомов, так и проникают в межатомные пространства. Поэтому по рассеянию нейтронов можно судить о пространственном расположении атомов и об изотопном строении вещества. Кроме того, из-за наличия собственного магнитного момента они дают информацию о внутреннем магнитном порядке.

Система охлаждения
источника

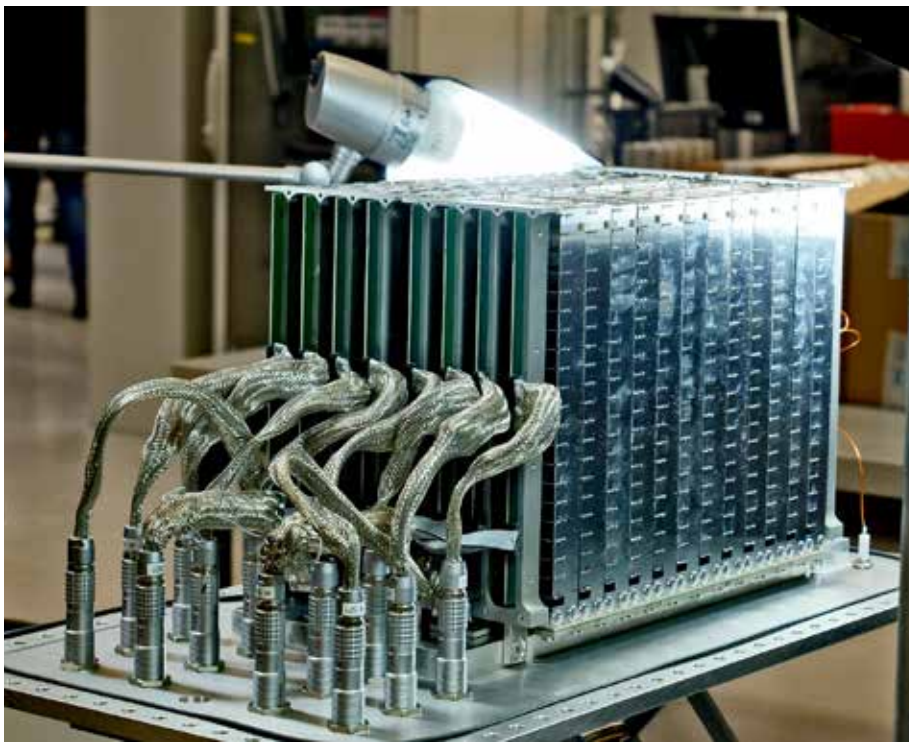


ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОВ

Нейтроны глубоко проникают в вещество, поэтому в камеру для исследований можно поставить небольшую экспериментальную установку и следить за протекающими в ней процессами — динамикой химических превращений, движением биологических объектов, изменением структуры твердых тел. Нейтроны отлично подходят для зондирования: с их помощью можно исследовать атомные структуры и силы различных объектов — начиная от огромной детали и заканчивая медицинскими препаратами или белками. При этом чем ярче источник, тем более высокого разрешения снимка можно добиться. Как раз для обеспечения максимально яркого пучка нейтронов и строится ESS. Сами создатели, сравнивая свое детище с ныне существующими источниками, характеризуют его так: «Разница такая, как если делать фотографии при свече или с мощной вспышкой».

Сам комплекс не будет инициатором научных исследований, его задача — обеспечить доступ исследователям к нейтронному источнику, его приборам и обработать полученные данные. Для проведения эксперимента в ESS нужно будет подать заявку в комиссию, которая решит, кому и в какой очередности предоставить доступ к оборудованию. Приоритет получают, разумеется, страны — основатели проекта. Такой подход также обеспечит недоступность для военных исследований — идея ESS заключается в исключительно мирном использовании, в отличие от того же Окриджа. Заявки можно подавать уже на 2019 год, правда, в это время на ускорителе еще будет производиться отладка оборудования, так что потенциальным исследователям придется мириться с перебоями и остановками в работе источника. Полноценная работа запланирована после 2023 года.

Особый интерес представляет модель обеспечения проекта. Большую часть финансирования (планировали 1,864 млрд. евро, сейчас сумма уже превысила 1,9 млрд.) взяли на себя принимающие государства — Швеция и Дания, остальные же страны-участницы обеспечивают комплекс оборудовани-



Испытательный макет детектора нейтронов

ем и предоставляют обслуживающий персонал, который будет насчитывать без малого шесть тысяч человек. Так, на момент проведения экскурсии итальянская сторона поставила ионный источник (на фото совсем новый, даже еще в упаковочной пленке).

Скандинавский социализм проявляется не только в свободном доступе к источнику для гражданских исследователей, но и в обработке данных. Все результаты исследований становятся открытыми через три года — этот срок считается достаточным для того, чтобы ученые опубликовала статьи о своей работе или написали диссертацию на ее основе. При такой схеме мощности комплекса предоставляют бесплатно, но тому, кто захочет, чтобы данные сразу попали в открытый доступ, придется заплатить за использование ресурсов ESS. Как заявляет руководство комплекса, такой подход может обеспечить не более 10% финансирования. Кстати, основатели проекта собираются пойти еще дальше: в перспективе создать единую общеевропейскую базу по нейтронным исследованиям, где будут собраны результаты всех экспериментов по этой теме.

Работа источника и приборов

Сердце комплекса — нейтронный источник, он состоит из протонного ускорителя длиной 600 метров и мощностью 2 ГэВ и вольфрамовой (вместо традиционной для таких источников ртутной)

мишени, в результате бомбардировки которой и образуются нейтронные пучки. Вокруг мишени расположены резервуары с водой и с жидким водородом, служащие замедлителями потока, и 15 приборов и инструментов — со временем их станет 22.

Для получения протонов в ускорителе используют ионный источник, где газообразный водород нагревают электромагнитным полем до состояния плазмы. Отделенные от электронов протоны попадают сначала в радиочастотный квадруполь, там они группируются в сгусток и получают энергию в 3,6 МэВ. Далее поперечные и продольные характеристики сгустка анализируются и корректируются в транспортировщике пучков средней энергии. Оттуда пучок направляется в дрейфовые трубки линейного ускорителя. На этом этапе важно скорректировать пучок протонов и придать ему достаточное ускорение. Пролетев по трубкам 50 метров, протоны попадают в сверхпроводящие камеры, которые охлаждаются жидким гелием до -271°C . Далее пучок ускоряется через линейные ускорители — Medium Beta Linac (MBL), High Beta Linac (HBL) — до 96% скорости света и попадает в мишень через транспортировщик пучков высокой энергии.

Сама мишень представляет собой вращающийся диск из стального каркаса диаметром 2,6 м и весом в 11 тонн с вольфрамовыми блоками. Ее охлаждают газообразным гелием, имеется также система резервного водяного охлаждения. Выбор именно в пользу вольфрама в качестве мишени был сделан как из-за прочности материала, так

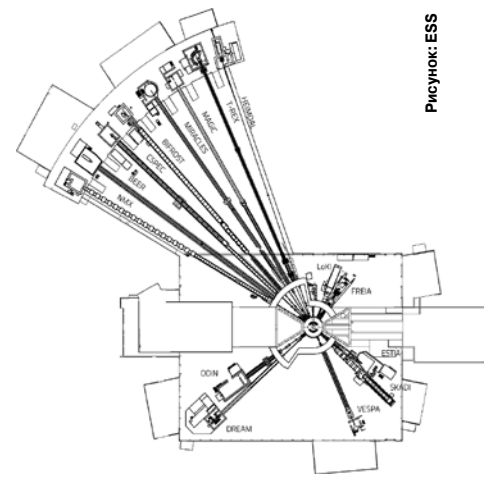


Рисунок: ESS

Мишень с окружающими ее исследовательскими станциями

и в силу того, что при бомбардировке вольфрама получается большое количество нейтронов. Именно это решение позволило добиться небывалой яркости источника — она в сто раз выше, чем у любого из существующих нейтронных источников. Образовавшиеся нейтроны попадают в заполненный водородом или водой замедлитель с отражающим слоем из бериллия. (На первом этапе, пока ESS не вышел на полную мощность, замедление будет водяное.) Замедленные нейтроны по специальным каналам в итоге поступают в исследовательские станции, построенные вокруг мишени. Само помещение с мишенью облицовано сталью для предотвращения утечек ионизирующего излучения. Среди других мер безопасности — роботизированная система для замены изношенных материалов, например, стали вокруг вольфрамовых блоков, которая быстро разрушится.

Аппаратура — это в первую очередь различные дифрактометры, например DREAM (Diffraction Resolved by Energy & Angle Measurements) — порошковый дифрактометр, HEIMDAL — гибридный дифрактометр, MAGiC (Magnetism Single-Crystal Diffractometer) — дифрактометр для исследований по прикладной и теоретической физике, NMX — макромолекулярный дифрактометр, BEER — инженерный дифрактометр. Среди других приборов — рефлектометры ESTIA и FREIA, ODIN — многоцелевой «бог» для получения изображений, для малоуглового нейтронного рассеяния будут построены LoKI и SKADI. Также в распоряжении исследователей будут целых пять спектрометров: BIFROST, CSPEC, MIRACLES, T-REX и VESPA. Нетрудно заметить, что многие приборы получили названия в честь богов скандинавского пантеона, — наверное, это дань уважения принимающей стороне.

Нейтроны в действии

Исследователи Боннского университета Томас Энглер и Ян Цзунжуэй решили воспользоваться нейтронной томографией в мюнхенском Исследовательском центре им. Хайнца Майера-Лейбница для изучения ценнейшей палеонтологической находки — яиц динозавров, обнаруженных в Китае в 2006 году. Ее уникальность заключается в том, что в одном гнезде были найдены сразу три яйца, с зародышами на различных стадиях развития. Это выяснили с помощью рентгена, однако он не дал возможности рассмотреть детали. В Германию яйца доставили для того, чтобы с помощью нейтронов под руководством доктора Малгожаты Маковской увидеть, что у них внутри, и построить трехмерные изображения содержимого.

Другим примером применения нейтронов для изучения древностей может служить работа Маковской на той же установке по исследованию черепа штекелерии — слегка похожего на носорога животного, жившего 230 млн назад, в триасовом периоде. Считается, что такие животные воспринимали звук с помощью небольшой косточки на нижней челюсти, но у исследуемого объекта, напротив, подобная косточка очень массивна. Что это — атавизм или она была частью слухового органа? С помощью нейтронной томографии построили компьютерную трехмерную модель черепа, достаточно детальную, чтобы найти биологи смогли поискать ответ на вопрос.

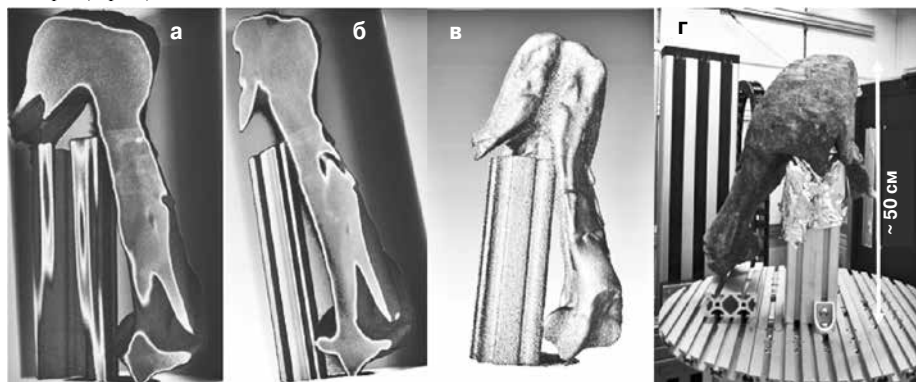
Фото: Wenzel Schürmann / TUM



Яйца динозавра

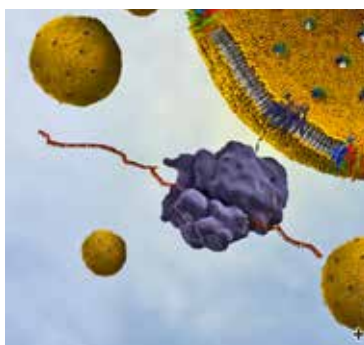
Нейтронная реконструкция черепа штекелерии и сам череп (справа)

Фото: Malgorzata Makowska, Michael Laas, Ingmar Werneburg



Источник FRM II принадлежит к числу реакторных источников. Работает он так. Из атомного реактора выводится пучок нейтронов. Они бьют по урановой мишени, вызывая реакцию деления и порождая существенное количество новых нейтронов, которые и служат рабочим инструментом исследователя.

Исследователи компании «Synthel SAS», Гренобльского университета и Института Лауэ и Ланжевена впервые изучили работу мембранного белка р7 вируса гепатита С в естественной среде и в реальном времени. Этот белок играет ключевую роль в механизме заражения вирусом, но до тех пор оставался малоизученным. С помощью нейтронного рефлектометра FIGARO в Институте Лауэ и Ланжевена, где уста-



Изображение: Synthel / Illuscienci

Вирус гепатита С прикрепляется к клетке.

новлен мощный нейтронный источник, удалось с разрешением в нанометры увидеть структуру белка р7 после его закрепления на липидном бислое, который изображал мембрану клетки. По словам управляющего директора «Synthel» Бруно Тиллиера: «Нейтроны оказались главными в этом проекте, так как нам нужно было изучить структуру белка р7 в его естественной среде. Теперь мы можем использовать этот метод для изучения других мембранных белков в липидном бислое». Не исключено, что новое исследование способствует развитию вакцины от вируса.



ФОТОИНФОРМАЦИЯ

Аргонская национальная лаборатория Минэнерго США воспользовалась нейтронами для исследования коррелированных электронных структур в металлах. Обычно электроны в металле не связаны друг с другом, однако есть некоторые вещества, где связи между ними слишком сильны, чтобы можно было их игнорировать, — в этих веществах возникают коррелированные электронные системы. Их стабильность зависит от температуры. Одно из интересных тео-

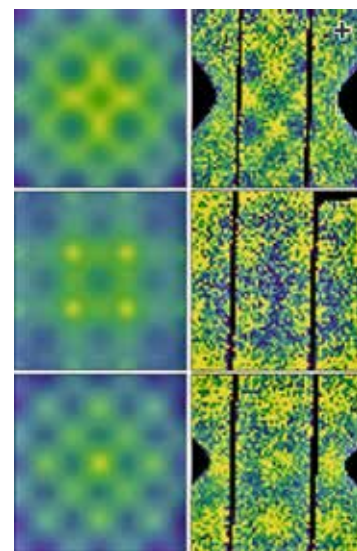


Фото: Argonne National Laboratory

Нейтронные снимки отлично совпадают с расчетными изображениями

ретических предсказаний — при высоких температурах в таких системах возникают флуктуации, которые существенно снижают подвижность электронов. Материаловеды изучают подобные электронные структуры уже более полувека, но только благодаря нейтронным источникам удалось соотнести реальное поведение электронов с теми картинками, что дают математические модели. По словам руководителя группы Рэя Озборна: «Нейтронное рассеивание — единственный метод исследования, который чувствителен ко всему спектру электронных флуктуаций». Благодаря этому методу удалось непосредственно увидеть электронные флуктуации и, что самое главное, получить неплохое совпадение с расчетными данными.

Подготовил **Д.А. Васильев**
по материалам
<https://neutronsources.org>

Ускорение в Новосибирске

Где в нашей стране летают самые быстрые электроны и позитроны? В Новосибирском академгородке, в Институте ядерной физики СО РАН. Именно там стоит электрон-позитронный коллайдер, где сталкиваются пары этих частиц, позволяя заглянуть в глубь мироздания. За свои шестьдесят лет этот ускоритель пережил несколько модернизаций, оброс дополнительными приборами и сумел-таки найти место в международном разделении научного труда, сформировавшемся после гибели двупольного бипольного мира и открытия границ. Создал его удивительный человек — Андрей Михайлович (Герш Ицкович) Будкер, имя которого сегодня носит этот институт. В мае этого года Будкеру исполнилось бы сто лет.



Художник Макс Эрнст

Кандидат
физико-математических наук

С.М. Комаров

Как создали ускорители

Первый ускоритель элементарных частиц появился в Кембридже. В 1919 году Резерфорд, облучая азот альфа-частицами, летящими из радия, провел первую трансмутацию элементов — превратил азот в кислород. Заинтересовавшись этим результатом, он спустя несколько лет предложил своим сотрудникам, среди которых были Джон Кокрофт и Эрнест

Уолтон, заняться такими исследованиями. Кокрофт к тому времени уже стал доктором, поработав под руководством П.Л. Капицы над созданием аппаратуры для сжижения газов.

Главная проблема, стоявшая перед учеными, — как надежно преодолеть кулоновский барьер, который не позволяет заряженной частице попасть в ядро с зарядом того же знака. Для прохождения барьера частице нужно набрать скорость, но расчет давал слишком большое значение, чтобы это можно было сделать имеющимися тогда способами. И тут вышла спасительная статья Георгия Гамова о квантовом туннелировании: из нее следовало, что критическое значение энергии частицы много ниже, такой ускоритель уже можно создать. А как? Коль скоро бомбардирующая частица — протон или аль-



Дональд Керст юстирует бетатрон. Иллинойский университет

фа-частица — обладает зарядом, стало быть, нужно создать большую разность потенциалов; под действием электрического поля и произойдет разгон.

Сделать это оказалось непросто, но возможно — Кокрофт воспользовался предложенной в 1919 году швейцарцем Генрихом Грейнахером схемой электрического каскада, где происходило многократное увеличение разности потенциалов. Такой каскад электродов расположили вдоль канала ускорителя и сумели обеспечить напряжение в 600 кВ, которое разгоняло протоны до требуемой энергии в 300 кэВ. После этого Уолтон и провел первое расщепление ядра — в 1932 году литий-7 при обстреле протонами дал ядро бериллия-8, а тот распался на два ядра гелия-4. Затем были обстреляны и расщеплены ядра углерода, азота, кислорода; стрелять стали и ядрами дейтерия, и альфа-частицами. За свою работу в 1951 году Кокрофт и Уолтон получили Нобелевскую премию по физике, а их ускоритель с тех пор называется генератором Кокрофта — Уолтона.

Альтернативой служит генератор Ван де Граафа. История с ним вышла такая. В 1924 году американец Роберт Ван де Граф, будучи студентом Сорбонны, прослушал лекцию Луи де Бройля, в которой тот мечтал о машине, позволяющей изучать строение ядра атома. Идея захватила молодого человека, и в 1929 году он построил в Принстоне свой первый генератор, который давал разность потенциалов в 80 кВ. В таком генераторе заряд создается с помощью трибоэлектричества — резиновая лента трется о пластиковый ролик, а специальная щетка снимает с нее образовавшийся заряд и отправляет на поверхность металлической сферы. Самый большой ускоритель на принципах Ван де Граафа был построен в 70-х годах в Оксидже. Он мог создавать разность потенциалов в 25 МВ и до 2012 года служил для ускорения пучков радиоактивных ионов — их изучение было интересно астрофизикам. Впрочем, для нас сейчас важнее ускорители электронов, поскольку именно с ними работают в Новосибирске.

Чтобы ускорять электроны с помощью статического электричества, нужно все сильнее увеличивать разность потенциалов, а это сложно, ведь требуется размещать все новые и новые электроды каскада, то есть удлинять трубу ускорителя. В конце концов вся затея оказывается слишком дорогой, чтобы такой прибор можно было построить. К счастью, в 1922 году норвежец Рольф Видероз, аспирант университета Карлсруэ, предложил создать не линейный, а циклический ускоритель, который впоследствии назовут бетатроном. В таком ускорителе электрическое поле индуцировалось возрастающим магнитным полем, а орбиты электронов замыкались в кольцо с помощью запирающего магнитного поля. Правильно подобранная комбинация полей позволяла удерживать ускоряющиеся электроны в пределах канала ускорителя.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Первый бетатрон Видероз построил в 1929 году, но тот не заработал из-за конструктивных недостатков. Однако идея осталась, и в 1939 году сотрудники Иллинойского университета Дональд Керст и Роберт Сербер, вспомнив давнюю работу Уолтона, создали теорию движения электронов в переменных по пространству и времени полях; сейчас она служит для разработок всех круговых ускорителей, а авторам позволила сделать первый бетатрон. Он был весьма скромных размеров: диаметром 7,5 см, а электроны ускорялись до 2,5 МэВ.

Но этот бетатрон оказался совсем не игрушкой: электроны, двигающиеся с таким ускорением, создавали мощный поток рентгеновских лучей. Первый бетатрон светился как кусочек радия с активностью в десятую долю кюри, а после усовершенствования — в целый кюри. Это очень большая яркость для рентгеновского луча. Построенный Керстом во время войны портативный бетатрон с разгоном электронов до 4 МэВ нашел интересное применение — с его помощью искали неразорвавшиеся бомбы. В частности, исследовательская лаборатория Королевского арсенала в Вулвиче приобрела такой бетатрон для обнаружения бомб на улицах Лондона.

Физикам же требовалась все более высокая энергия разгоняемых электронов. Однако у бетатрона много энергии терялось не на разгон электронов, а на излучение ими света, в чем убедился Керст, построив для компании «Дженерал электрик» ускорители, которые давали 20 и 100 МэВ. Вторым недостатком была сила магнитов — она не превышала две теслы. Из-за этого с определенного момента нужно было по мере роста энергии электронов увеличивать диаметр ускорительного кольца, что требовало использования все большего числа магнитов — затея опять оказывалась чересчур дорогой. Поэтому самый большой бетатрон, созданный в 60-х годах, разгонял электроны до 300 МэВ. Как же разогнать частицы сильнее?

Решение было найдено в 1944 году советским физиком В.И. Векслером, а спустя год повторено его американским коллегой Эдвином Макмилланом. Суть его была такова. Радиус орбиты ускоряющихся электронов можно сохранить неизменным, если усиливать магнитное поле. Но тогда им не удастся проводить разгон. Значит, нужно ставить разгонный блок, так называемый высокочастотный резонатор — в нем с помощью продольного микроволнового излучения удается при каждом проходе электронного сгустка слегка его ускорять. Приход сгустка должен быть синхронизирован с фазой ускоряющей волны, скорость же должна быть близкой к скорости света. Тогда выполнится условие автофокусировки: частицы, которые на предыдущем круге получили больше энергии и при следующем попадании несколько опережают центр сгустка, получают меньше энергии, и центр их догоняет. Отставшие частицы, наоборот, разгоняются сильнее. Такое устройство Векслер назвал микротроном, а Макмиллан — синхротроном, сейчас сохранилось второе название.

К тому времени уже были созданы мощные источники микроволнового излучения — клистрон и магнетрон, последний широко использовали в радарх. Прочитав статью

Макмиллана, Фрэнк Говард, работавший как раз в Вулвичской лаборатории, решил модернизировать поисковый бетатрон и убедился в работоспособности синхротрона.

Первый работающий синхротрон сделали в «Дженерал электрик», он разгонял электроны до 70 МэВ. А в СССР первый синхротрон под руководством Векслера открыли в ФИАНе в 1947 году. В том же году американцы обнаружили синхротронное излучение, которое возникает во время ускорения электронного сгустка в резонаторе. Тут им помог случай. Первый синхротрон не был полностью закрытым — он имел стеклянные участки, через которые следили за вспышками в канале ускорителя. Эти наблюдения и позволили заметить ту часть излучения, которая попала в видимую область спектра. Сейчас синхротронное излучение стало важнейшим инструментом в руках ученых многих специальностей, и большинство электронных ускорителей служит для его генерации. Но поначалу никто на него особого внимания не обратил — ускорители нужны были для познания тайн строения мельчайших частиц материи.

Встречные пучки

В сущности, постановка таких экспериментов мало изменилась с тех времен, как Резерфорд обнаружил сложное строение атома: в его опытах альфа-частицы проходили сквозь атом, то есть на расстояниях от его центра, намного меньших измеренного диаметра. Это означало, что атом заполнен пустотой с объектом высокой плотности в самом центре. Точно так же во всех ускорительных опытах смотрят, как разогнанные частицы рассеиваются на изучаемом объекте. Частица может этот объект как-то обойти, отразиться от него либо войти внутрь и вызвать какое-то превращение. Чем больше энергия частицы, тем больше вероятность, что внутрь войти удастся, если, конечно, у изучаемой частицы есть это «внутри». Например, для электронов на сегодня доказано, что внутри них нет ничего иного, никакой структуры — только сам электрон. В нуклоне, как известно, есть кварки, связанные глюонами.

Поначалу бомбардировке подвергали неподвижные мишени. Именно так, на линейном ускорителе, бомбардировка электронами протонов показала наличие у этих частиц внутренней структуры — нуклоны вышли из числа элементарных частиц.

Однако в 1956 году на конференции в Женеве Керст высказал революционную идею: столкновение встречных пучков частиц дает гораздо большую эффективность — при встрече с неподвижной мишенью большая часть энергии тратится на преодоление ее инерции, во встречных же пучках частиц, летящих со скоростью, близкой к скорости света, вся их энергия идет на некое полезное действие. Собственно, Видероз еще в 1943 году хотел запатентовать метод встречных пучков и получил-таки патент в 1953 году. Однако лишь после 1956 года исследователи набрались сил и смелости применить идею на практике.

Керст предлагал сталкивать пучки протонов, но работать с ними было непросто, и самым перспективным оказалось столкновение электронов с позитронами — у легких частиц, в отличие от протонов, не так быстро нарастает масса при приближении к скорости света, соответственно, управлять ими проще, а выигрыш в энергии оказывается больше. И первые коллайдеры, и большинство ныне существующих реализуют эту идею.

Первые столкновения электронов с позитронами провели итальянцы — в 1961 году они запустили коллайдер AdA («накопительное кольцо», если перевести с итальянского Anello di Accumulazione) в городе Фраскати. К тому времени там уже действовал синхротрон Национального института ядерной физики, однако в нем новые опыты проводить не

решились, и за год изготовили кольцо нового ускорителя. Система работала так. В первом синхротроне формировали пучок быстрых электронов. Им били по танталовой мишени и получали сильное тормозное излучение в гамма-диапазоне. Некоторые гамма-кванты, обладавшие необходимой энергией, распадались, образуя электрон-позитронную пару. Эти позитроны ловили и отправляли в ускоритель. Его мощность была достаточной для разгона частиц до 250 МэВ, однако позитроны получались слишком мало. Поэтому в 1962 году ускоритель перевезли во Францию, где в Орсе у Парижского университета имелся более мощный линейный ускоритель. Там в 1963-м удалось зафиксировать первые столкновения электронов с позитронами, однако никаких научных данных получено не было — ускоритель так и остался своего рода испытательной машиной, доказавшей справедливость самого принципа.

Новосибирские ВЭПы

После речи Керста наряду с итальянцами о создании коллайдеров задумались советские и американские физики. Поначалу у наших специалистов возникла идея построить электрон-электронный коллайдер. Отечественное научное сообщество встретило ее с немалым сопротивлением. Установка стоила дорого, и начальство задавало вопрос: «А что вы на ней будете делать?» Физики отвечали примерно так: «Ну, мы бы хотели сталкивать пучки электронов и по их рассеянию смотреть, как закон Кулона соблюдается на сверхмалых расстояниях, проверять квантовую электродинамику». По реакции начальства было видно, что такая научная программа не впечатляет.

После одного из совещаний В.Н. Байер в беседе с А.М. Будкером обронил, что если бы сталкивать электроны с позитронами, то программа оказалась бы гораздо более интересной. Байер вспоминает, что реакция Будкера была резко негативной, он в гневе выскочил из кабинета. Но через 20 минут вернулся и начал обсуждать проблему. Сошлись на том, что Байер отложит все дела и сосредоточится на обосновании программы работ такого коллайдера.

А ведь это происходило в 1959 году, когда не было еще построено ни одного электронного коллайдера и многие считали, что даже из этой, относительно простой, затеи ничего не выйдет. Работа же с позитронами требовала решения гораздо более широкого круга проблем — от получения интенсивного пучка античастиц до управления им. «Да у вас все сразу аннигилирует», — говорили коллеги. «Не аннигилирует, чтобы такое случилось, нужно, чтобы позитрон прошел совсем близко от электрона, а этого еще добиться надо», — парировали энтузиасты коллайдера. Рассказывают, что И.В. Курчатов направил проект на отзыв нескольким специалистам и все дали резко отрицательные рецензии. «Значит, в этом есть что-то нетривиальное. Будем делать», — сказал руководитель ядерного проекта.

Делать все-таки стали сначала электрон-электронный коллайдер. Его назвали ВЭП-1 (от «встречные электронные пучки»), изготовили в Новосибирске, а монтировать начали было в Москве, в Институте атомной энергии. Однако в 1962 году был создан новосибирский Институт ядерной физики, и проект отправили туда. Соответственно в Новосибирск переехал и руководитель лаборатории новых методов ускорения А.М. Будкер.

Машина была устроена так. Сначала электроны разгоняют в синхротроне до относительно небольшой энергии в бетатронном режиме. Когда их скорость приближается к световой, начинает работать механизм самофокусировки, режим меняется на синхротронный и удается достичь большой энергии — 160 МэВ. Затем поток электронов разделяли на две части и запускали в два кольца накопителя, где электрон-



Фото из архива ИЯФ СО РАН

Коллайдер ВЭП-1 помещался в небольшой комнате.

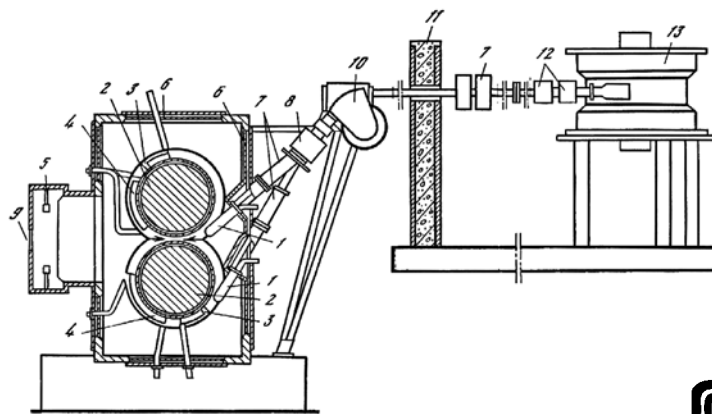
Участники запуска (слева направо) Г.Н. Кулипанов, С.Г. Попов, А.Н. Скринский, Г.М.Т умайкин.

ные сгустки вращались в противоположные стороны. Там за счет синхротронного излучения электроны охлаждаются, и к ним удается добавлять все новые порции — постепенно формируются плотные электронные сгустки. Когда же сгустки станут достаточно большими, их сталкивают в месте встречи — там, где ускорительные кольца соединяются друг с другом в нечто подобное восьмерке. Электроны ударяются друг о друга и разлетаются в разные стороны, а детекторы фиксируют разлет.

У этого коллайдера, запущенного в 1964 году, были две задачи. Во-первых, как и у итальянского: проверить принципы работы, отладить установку, узнать, что это такое — пучки быстрых электронов, как с ними работать, какие они преподносят сюрпризы (а их оказалось немало). Во-вторых, изучая рассеяние столкнувшихся электронов, проверить предсказания квантовой электродинамики — работоспособность закона Кулона на чрезвычайно малых расстояниях. При этом был получен важный фундаментальный результат: электрон — точечная частица размером порядка 10^{-14} см и внутренней структурой не обладает.

После отладки конструкции пришло время задуматься о проведении столкновений с позитронами. Но где их взять? Строить дополнительно мощный линейный ускоритель и действовать по той же методике, что в Орсе, долго и дорого, ведь все устройства надо изобретать и делать самим — заграничные коллеги не очень-то делились технологией.

Будкер нашел изящное решение: построить новый синхротрон с очень малым временем разгона. К нему приделали линейный импульсный ускоритель и бетатрон — для предварительного разгона частиц. Этот синхротрон, Б-3М, оказался очень надежной машиной и проработал более полувека. Поток разогнанных в нем до 250 МэВ электронов разделялся на две части. Одну сразу отправляли в накопительное кольцо коллайдера, а другая проходила через тонкую пластинку воль-



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

фрама, где примерно одна десятитысячная часть электронов порождала позитроны за счет тормозного излучения. Суть этого удивительного явления в том, что гамма-квант очень высокой энергии, а именно такие получаются при мгновенной потере электронами их огромной скорости, оказывается неустойчивым и, подобно кислому молоку, сворачивается — электромагнитное поле превращается в частицу вещества и ее античастицу.

Позитроны собирали бериллиевой линзой и отправляли в накопитель, названный ВЭПП-2 (вторая буква «П» означала, что электроны сталкиваются с позитронами). С другой стороны в него подавали электроны. Получалось два сгустка длиной 80 см. Первые столкновения случились в июне 1966 года, а их результатом стали пи-мезоны — частицы, состоящие из двух кварков. Так начиналась мировая физика кварков и физика высоких энергий в Новосибирске.

В 1968 году ВЭПП-2 модернизировали — сократили длину сгустков до 6 см и увеличили светимость, то есть число частиц, пролетающих через сечение кольца в секунду. А в 1970-м пришла пора следующего коллайдера, ВЭПП-2М. Несмотря на похожее название, это была уже совсем новая машина; ВЭПП-2 служил для нее так называемым бустером — в нем поочередно накапливались электроны и позитроны перед поступлением в сам коллайдер. Основные меры были направлены на увеличение светимости — это сделали установкой системы магнитов, так называемой сибирской змейки, и фокусировкой пучков в момент встречи. На этом же коллайдере впервые сделали канал синхротронного излучения; на нем с 1974 года проводили свои опыты химики, биологи, материаловеды — все, кому нужно заглянуть в суть вещей с помощью ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения. На этих коллайдерах были проведены наблюдения всех открытых к тому времени в таких столкновениях частиц.

Мезоны

Казалось бы, при встрече частицы и античастицы должна произойти их аннигиляция — вещество превратится в излучение. Однако в области больших энергий все не так просто. Действительно, при аннигиляции рождается фотон, но порой он оказывается виртуальным и мгновенно распадается с образованием частицы и античастицы. Если энергия фотона относительно невелика, получается пара «электрон — позитрон». В соответствии с законом сохранения импульса они должны разлетаться в противоположных направлениях, и детектор по такой «подписи» надежно определит тип события. Однако при большей энергии возможны варианты. Прежде всего это образование пары «кварк — антикварк». Ситуация с ними гораздо интереснее. Они не могут слиться в одну частицу, поскольку обречены разлететься в противоположные

стороны. Но и порознь не могут долго существовать. Поэтому во время своего полета каждый из них выхватывает из физического вакуума нужную ему частицу-партнера и сливается с ней в новую составную частицу — адрон. Из трех кварков вышел бы протон или нейтрон, а из двух кварков — мезон, частица, переносящая сильные взаимодействия между нуклонами и существующая только внутри ядра. Вне нуклонного окружения жизнь мезона предельно коротка (самые живучие, пионы, существуют одну стомиллионную секунды), а затем он распадается, порождая ливень вторичных частиц; этот ливень фиксирует детектор. У каждого мезона есть своя характерная «подпись», по ним этим частицы и различают.

Пока не было кварковой теории, у физиков получался целый зоопарк мезонов, названных различными греческими и латинскими буквами — пи, ро, фи, омега, В, D и другими. С появлением учения о кварках среди них была найдена система, которая в значительной степени и составила основу Стандартной модели. Так, открытие в 1974 году пси/джи-мезона потребовало введения четвертого аромата кварков — очарованного, а открытие в 1977-м ипсилон-мезона — и пятого аромата, странного.

Все имеющиеся в конце 60 — начале 70-х годов коллайдеры разгоняли электроны до сходных уровней энергии и фиксировали одни и те же мезоны. Некоторым посчастливилось замечать и многоадронные события — когда при аннигиляции рождалось несколько мезонов. В частности, на ВЭПП-2 такие события случались довольно часто. Поскольку для каждого нового, более тяжелого мезона нужна все более и более высокая энергия родительского фотона, то есть разогнанные до все больших энергий пучки сталкивающихся частиц, многоадронные события вызвали всплеск интереса к созданию новых коллайдеров — физики поняли, что оказались на пороге новой интересной области исследований. Новые коллайдеры уже были рассчитаны на энергии столкновений в гигаэлектронвольты.

Последние ВЭПы

В 1970 году в Новосибирске построили ВЭПП-3 с расчетной энергией 3,5 ГэВ. Если предыдущие коллайдеры помещались в большой комнате, то для нового пришлось строить специальный туннель: ВЭПП-3 состоял из двух полуокружностей радиусом 8 метров, разделенных прямолинейным промежутком в 12 метров. У этого коллайдера подкачал генератор позитронов — он оказался слишком слабым и не смог соперничать с американским, в то же время запущенным в Стэнфорде. Поэтому американцам и достались лавры первооткрывателей тяжелых мезонов — пси/джи- и ипсилон-мезона. А в Новосибирске приступили к строительству ВЭПП-4. Его туннель уже имел радиус 45 метров с лишним.

Этот коллайдер оказался наследником двух проектов. Дело в том, что в 70-х годах в Институте ядерной физики начинали стройку протон-антипротонного коллайдера ВАПП, но вскоре выяснилось, что проект не выдерживает конкуренции с церновским коллайдером LEP. Тогда решили, что ВЭПП-3 послужит источником синхротронного излучения, благо очередь из исследователей к такому источнику только растет, а заодно и бустером для нового коллайдера. А почти сделанное кольцо ВАППа приспособили в качестве кольца для ВЭПП-4; расчетная энергия электронов в нем достигала 6 ГэВ.

Для создания позитронов все-таки пришлось строить линейный ускоритель. По предложению Будкера, сделанному еще в 1967 году, для такого ускорителя был придуман гирокон — генератор непрерывной высокочастотной мощности. Он отбирал энергию у проходящих сквозь него быстрых электронов и закачивал ее в ускоряющую систему. Благодаря этому удавалось получить очень мощный поток быстрых электронов, а с ним и мощный поток позитронов. Этот инжек-



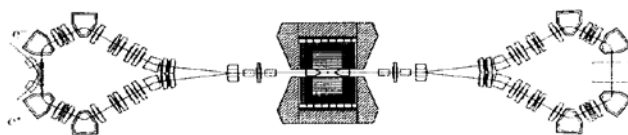
Фото: Наталья Курина, архива ИЯФ СО РАН

Монтаж коллайдера ВЭПП-2000

тор «Позитрон» вступил в строй в 1979 году. Научной задачей коллайдера ВЭПП-4 стали прежде всего прецизионные измерения характеристик уже открытых мезонов. К тому были серьезные основания.

Еще в 1971 году на ВЭПП-2М обнаружили явление самополяризации электронов. Его суть состоит в том, что из-за взаимодействия с магнитным полем ускорителя спины электронов выстраивались в одном направлении. Но это не все: они вокруг этого направления колебались, прецессировали. Прецессию можно разрушить, добавив небольшое магнитное поле. А зная его, удастся очень точно вычислить частоту прецессии. Теория же подсказывает, что она связана с энергией пучка. Так в Новосибирске родился точнейший метод измерения и появились люди, умеющие его использовать. Этим и решили воспользоваться исследователи, чтобы найти свое место в складывающемся международном разделении труда: пусть наш коллайдер проигрывает зарубежным по светимости, но у него есть свои плюсы. Мы умеем точно, до 10^{-6} от измеряемой величины, мерить энергию пучка, умеем менять энергию разгоняемых электронов в широком диапазоне от 0,9 до 5,5 ГэВ, то есть получать необходимый набор мезонов. В результате за период с 1981 по 2007 год были с непревзойденной точностью измерены массы пси/джей-, пси-, ипсилон- и нескольких других мезонов, а также тау-лептона. Новосибирские массы пси/джей- и пси-мезонов входят в десятку наиболее точно измеренных масс элементарных частиц.

Конец ВЭПП-4 был внезапным — 16 августа 1985 года его уничтожил пожар: из-за короткого замыкания загорелся блок питания насоса, и огонь пошел по кабелям системы, уничтожив ее целиком. Физики не опустили руки и решили восстановить коллайдер. В ноябре 1991 года начал работать модернизированный ВЭПП-4М, который действует до сих пор: в 2016 году ему приделали новый источник позитронов, ИК — самый мощный из ныне существующих. Он состоит из двух линейных ускорителей, причем конвертер, превращающий электроны в позитроны, расположен между ними, позитроны же транспортируются в накопитель ВЭПП-3 по каналу длиной в 300 метров. В этом ускорителе есть 15 станций для использования синхротронного излучения — машина стала комплексным центром, предназначенным не только для работ по физике элементарных частиц.



Несостоявшаяся фи-фабрика с «сибирской бабочкой»

К концу 90-х годов пришла пора решать и судьбу коллайдера ВЭПП-2М: он уже выработал свой ресурс и узнал все, что можно было узнать о столкновениях электронов и позитронов в диапазоне энергий от 180 до 700 МэВ. Надо было придумать новую физическую задачу и по-новому ее обосновать, поскольку условия жизни в стране изменились и рассчитывать на реализацию больших и дорогих научных проектов могли только безудержные оптимисты.

В это время в физике элементарных частиц фактически начался новый этап: от фиксации все новых и новых частиц физики перешли к осмыслению накопленного богатства. Осмысление привело, в частности, к идее более подробного исследования некоторых мезонов, а именно фи-мезона и В-мезонов. Фи-мезон интересен тем, что он быстро превращается в К-мезоны, или каоны, а у последних, содержащих странный кварк, давно было подмечено нарушение четности при распаде: суммарный заряд продуктов распада оказывался то положительным, то отрицательным, чего быть не может в силу закона сохранения заряда. Сначала думали, что распадаются чем-то различающиеся мезоны, но последующие наблюдения показали, что никакой разницы между ними нет. Найти причины нарушения четности — одна из главных задач, решение которой поможет понять причину асимметрии Вселенной — неравенства материи и антиматерии, а может быть, и выйти на какую-то новую физику.

Первую и единственную фи-фабрику на основе электрон-позитронного коллайдера построили к 1999 году итальянцы все в том же Фраскати. Частицы сталкивают при значениях энергии, которая как раз и соответствует рождению фи-мезонов, а затем следят за продуктами их распадов, набирая статистику. Не только задача нарушения четности стоит перед итальянскими исследователями. В другом эксперименте они используют каоны для создания странного ядра: каон с известной энергией направляют на мишень, где он должен войти внутрь ядра, привнести туда свою странность и уже там, в окружении источников сильного взаимодействия, распасться. Что это будет за распад и как он пройдет, пока не знает никто.

В-мезоны, то есть содержащие прелестный кварк, также стали объектом новых экспериментов — для них в 90-х годах построили В-фабрики в США и Японии. Задачи их аналогичны: изучать нарушения четности в распадах мезонов, искать редкие распады частиц. Первая серия экспериментов успешно закончилась к 2010 году, и сейчас идет модернизация этих фабрик.

Новосибирские физики были не прочь создать свою фи-фабрику. Для этого предполагалось построить необычное кольцо коллайдера в форме вытянутой восьмерки с узким местом встречи — его окрестили «сибирской бабочкой», — применить сильные сверхпроводящие соленоиды и многое другое. Однако этот проект так и не был одобрен. Тогда решили обойтись полумерами и поначалу сделать новый коллайдер с высокой светимостью, но с энергией до 1 ГэВ, чтобы заново изучить исследованный диапазон энергий: вдруг со слабыми коллайдерами 60-х годов чего-то не заметили, все-таки светимость выросла в тысячи раз. Поскольку щедрого финансирования не ожидалось, решили снести старый коллайдер и строить новый на его месте, при этом максимально сохраняя инфраструктуру, например источник позитронов. В 2006 году в новый коллайдер ВЭПП-2000 был запущен первый электронный пучок, в 2007-м начались столкновения с позитронами. Как и ожидалось, мощности старого источника позитронов не хватало для выхода на расчетные параметры, и в 2013 году был обустроен 250-метровый туннель от нового источника, питающего и ВЭПП-4М. С тех пор ВЭПП-2000 набирает статистику столкновений и остается главной ускорительной установкой института, поставляющей данные для физики элементарных частиц.



Момент мюона

Самая главная задача, которая стоит сейчас перед физиками, — выйти за пределы Стандартной модели. Ведь в настоящее время непонятно, ни почему во Вселенной нет антивещества, ни что такое темная материя или темная энергия, ни отчего гравитация несопоставимо слабее, нежели электромагнетизм. Это если говорить о твердо установленных научных фактах. О том, как подойти к каким-нибудь скрытым измерениям, гиперпространственным переходам, машинам времени, физикам приходится только мечтать, основываясь на смутных теориях. Фактически мы знаем, как устроены лишь несколько процентов окружающей нас материи. Считается, что найти разгадку удастся с помощью некой новой физики, которая преодолит ограничения Стандартной модели и откроет путь к пониманию новых, неведомых ныне взаимодействий. Однако здание старой физики выглядит столь совершенным и незыблемым, что трудно придумать, с какой стороны вести под него подкоп. Во всяком случае, предпринимаемые попытки пока что не дали никаких намеков на успех, а, напротив, закончились торжеством Стандартной модели. Более того, неясно, помогут ли здесь попытки разрешить проблему нарушения четности.

Однако есть путь, который выглядит столь же перспективно, как мираж в пустыне, что все же лучше, чем совсем ничего. Это так называемая проблема аномального магнитного момента мюона, и новосибирским физикам, благодаря их точным измерениям, принадлежит важная роль в поисках ее решения. Что за проблема?

В 1921 году Штерн и Герлах измерили магнитный момент атома серебра, положив таким образом начало опытам по измерению магнитных моментов элементарных частиц. Когда теория доросла до объяснения того факта, что у электрона есть спин, оказалось, что в этом опыте именно спин и был измерен. Из теории же получалось, что магнитный момент связан с массой, зарядом и спином частицы простым соотношением, в котором есть числовой коэффициент — гиромагнитное соотношение. Для электрона, как следовало из измерений Штерна — Герлаха, он оказался в точности равным 2, что придавало всей теории высокую степень гармонии.

Эта прекрасная картина продержалась до 1947 года, когда поднатревшие в измерениях физики, изучая сверхтонкую структуру перехода электронов в атомах, обнаружили, что соотношение несколько отличается от целой двойки. Соответствующую добавку окрестили аномальным магнитным моментом, обозначив ее буквой a_e . Измерения показали, что $a_e = 1,15 \pm 0,04 \cdot 10^{-3}$. Теоретики же в 1948 году посчитали и нашли значение $1,16 \cdot 10^{-3}$, что сочли полным соответствием эксперименту и триумфом недавно появившейся квантовой электродинамики. Однако измерения продолжались: к 70-м годам аномальный момент электрона уже знали с точностью до миллионных долей, а сейчас — с точностью до 0,24 миллиардных долей.

В 50-х годах развитие ускорителей и всех связанных с ними методов позволило приступить к измерению магнитного момента мюона — тяжелого родственника электрона. Довольно быстро выяснилось, что и для него гиромагнитное отношение примерно равно 2. Из-за несохранения четности при распаде пионов — а они-то и служат материнскими частицами для мюонов — спины возникающих частиц поляризованы, то есть направлены примерно в одну сторону. А измерять их легко по спине электронов, появляющихся при распаде мюонов. Это обстоятельство существенно облегчало жизнь экспериментаторам и позволило проводить точные измерения. А нужны они как раз для подкопа под Стандартную модель.

Согласно современной теории, ненулевое значение аномального магнитного момента вызвано взаимодействием с виртуальными частицами физического вакуума — флуктуациями его квантовых полей. Поэтому, измеряя аномальный магнитный момент, можно оценить вклад полей и взаимодействий, существующих в вакууме, даже если они отсутствуют в Стандартной модели. Для электрона основной вклад дает электромагнитное взаимодействие, поэтому измерение аномалии его момента дает возможность уточнить квантовую электродинамику. А вот у более тяжелого мюона можно заметить другие взаимодействия — сильные, слабые и те, что пока неизвестны. Потому-то физики так заинтересовались точными измерениями аномального момента именно мюона. Такой подкоп под Стандартную модель менее затратен, поскольку не требует строительства все более мощных ускорителей — процессы идут при небольших энергиях, главное — набор статистики событий и точность измерения.

Первые точные измерения аномалии момента мюона провели в ЦЕРНе в 60—70-х годах и добились точности в 7 миллионных долей. При такой ошибке измерения уже чувствовалось влияние сильных взаимодействий. Следующий раунд измерений прошел в США, в Брукхейвенской национальной лаборатории, в 1990—2000-х годах. Там точность улучшили в 14 раз, до 0,5 миллионных долей — этого уже достаточно, чтобы надежно чувствовать вклады всех взаимодействий Стандартной модели.

И теперь дело стало за теоретиками — они-то какое значение дают? Если расчет будет значимо отличаться от эксперимента, следовательно, теоретики чего-то не учли. А не учесть они могли только какое-то неизвестное взаимодействие. Стало быть, вот она, новая физика, висит на кончике пера.

Из трех известных взаимодействий два — электромагнитное и слабое — отлично рассчитываются, и их вклады в аномальный момент вычислены с точностью много лучшей, чем точность измерения. А вот с сильным взаимодействием дело обстояло не так хорошо: долгое время точность расчета была в сто раз хуже, чем точность измерения. Главное, что расчет вести трудно и для получения результата надо пересчитать все адроны, рождающиеся в столкновениях электронов с позитронами, точнее, сечения таких столкновений. Задача чрезвычайно трудоемкая, если учесть, сколько разных адронов успели насчитать физики в экспериментах на

коллайдерах. Удачно, что, поскольку каждый вклад входит с коэффициентом, обратно пропорциональным квадрату энергии сталкивающихся частиц, основной вклад приходится на область низких энергий и рекордных мощностей ускорителей не требуется. Теория показывает, что 80% вносит самый простой и изученный канал — образование пары пионов, а 93% приходится на диапазон энергий менее 2ГэВ. Как раз такой диапазон и способны исследовать новосибирский коллайдер ВЭПП-2М и его ныне здравствующий потомок ВЭПП-2000. Первые измерения адронных сечений были проведены еще на ВЭПП-2, и точность соответствовала тогдашней точности измерения аномального момента в опытах на ускорителе ЦЕРНа. А потом оказалось, что все зарубежные коллайдеры настроены на высокие энергии и только один-единственный ВЭПП-2М способен проводить столь нужные точные измерения в области низких энергий. Чем он и занимался длительное время, а потом передал эстафету ВЭПП-2000 с гораздо большей светимостью.

Однако даже с такими измерениями получить достаточную точность долго не удавалось. Пришлось прибегнуть к хитростям, одна из которых чуть не стала причиной конфуза. Косвенную оценку адронных сечений можно получить из распада тау-лептона на адроны. Эту реакцию стали тщательно исследовать и вдруг заметили, что возникает систематическая разница между прямыми измерениями и предсказанными из распада тау-лептонов. Что это, новая физика? Нет, оказалось, что нужно учитывать некую поправку, однако на ее обнаружение ушло целых 10 лет! От метода пришлось отказаться.

Создание современных коллайдеров — ВЭПП-2000, фи- и В-фабрик — позволило-таки существенно улучшить точность расчета аномального момента мюона — она вплотную приблизилась к точности измерений. И тут возник интересный результат: расчетное значение не совпало с измеренным. Причем не совпало достаточно сильно, чтобы это можно было списать за проявление объективной реальности, а не ошибки измерения. Вот эти значения:

— расчетное — $116\,591\,821\,(45) \cdot 10^{-11}$;

— измеренное — $116\,592\,089\,(63) \cdot 10^{-11}$.

Различие, как видно, составляет $268 \pm 77 \cdot 10^{-11}$, или 3,5 значения стандартного отклонения. Физики считают, что такое различие уже можно считать не случайным, а значимым. Однако прежде чем устраивать овацию и провозглашать новую физику, необходимо убедиться, не вкралась ли в расчеты ошибка. Над этим, а также над дальнейшим повышением точности измерения как самого аномального момента, так и адронных сечений разными методами и будут работать многие физики, обладающие электрон-позитронными коллайдерами.

Фабрика шарма

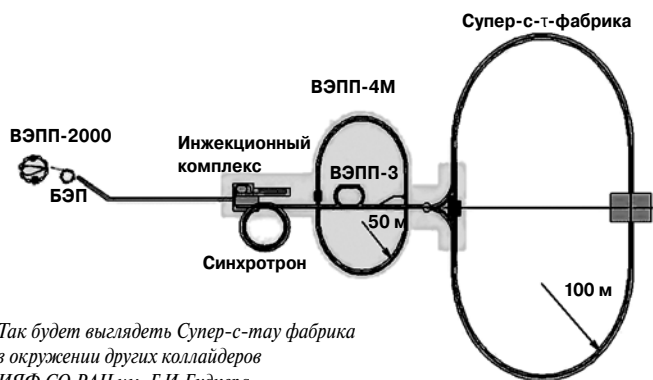
С запуском ВЭПП-2000 идея создать в Новосибирске свою фабрику, то есть сосредоточить усилия на изучении строго определенной области энергий сталкивающихся частиц, отнюдь не пропала. Более того, институт активно к этому готовится, обновляя оборудование, создавая новые узлы будущей ускорительной установки. Фи- и В-фабрики уже есть. Более того, на В-фабриках получены важные результаты по изучению нарушения четности, и сейчас их реконструируют на большую светимость — такие исследования нет смысла дублировать. Однако существует еще один интересный диапазон энергий — в нем рождаются очарованные (charm, отчего их кратко обозначают буквой c) мезоны и тау-лептоны. Такая с-тау-фабрика работает в Пекине, но ее светимость мала, и с ней можно успешно конкурировать.

Для увеличения светимости, теоретически, есть несколько способов, но большинство из них не подходит. Так, рост числа разгоняемых частиц требует роста мощности ускорителя и обслуживающих его устройств, а это дорого. Есть и физи-

Если возникший при аннигиляции кварк материализует из вакуума виртуальный антикварк и создает с ним мезон, значит коллайдер работает как вечный двигатель — добывает энергию из очевидной пустоты.



ЗАМЕТКИ ФЕНОЛОГА



Так будет выглядеть Супер-с-тау фабрика
в окружении других коллайдеров
ИЯФ СО РАН им. Г.И.Будкера
(«Успехи физических наук», 2018, 188, 5)

ческие ограничения — слишком мощный пучок, подобно песку в песочных часах, с задержками проходит сквозь узкую перетяжку, где происходят столкновения частиц. Можно было бы сделать эту перетяжку еще уже, увеличив число частиц в области столкновения, но и так получается плохо — при слишком большой плотности частиц в пучках начинают сказываться взаимодействия между ними, что приводит к хаосу и снижению эффективности работы системы. Но вот в 2006 году итальянский физик Панталео Раймонди предложил изящную систему, которая без особого труда позволяет во много раз увеличивать светимость коллайдера.

Казалось бы, если сталкивать электронный и позитронный сгустки лоб в лоб, то получится самое большое число взаимодействующих частиц. На самом деле это не так: сразу же образуются продукты столкновения, которые летят вместе с пучком и начинают мешать. Остаются и облака непрореагировавших частиц, которые нужно убирать с пути пучка, освобождая место для столкновения следующих сгустков. Причем делать это нужно очень быстро, за наносекунды — такое время разделяет сгустки в современных коллайдерах с высокой производительностью. Решение было найдено — пучки стали сталкивать под углом. В этом случае продукты сами улетают прочь, очищая место встречи. Тем не менее у такого способа есть существенный недостаток. Сгустки подобны веретену — они вытянуты вдоль пучка. При столкновении под углом значительная часть частиц оказывается вне зоны встречи. В 1988 году американец Роберт Палмер предложил поставить на пути каждого пучка впереди и позади места встречи так называемый крабовый резонатор. В нем сгусток частиц разворачивался и начинал двигаться боком, как краб. Это позволило увеличить сечение столкновения сгустков, что и проверили на практике исследователи с японской В-фабрики в 2007 году. Однако и на этой фабрике, и на других коллайдерах того времени угол между пучками был маленьким.

Раймонди предложил революционное решение: сделать угол большим, а вращать саму фокальную плоскость, в которой происходит столкновение, — перетяжку. Этот прием называли «крабовой перетяжкой» по аналогии с крабовым резонатором Палмера. Установка крабовой перетяжки на итальянской фи-фабрике сразу же дала пятикратный рост светимости. Новосибирские физики доработали эту идею и рассчитывают на рост светимости в тысячу раз по сравнению с той, что дает ВЭПП-2000 или итальянская фи-фабрика, и в десять тысяч раз по сравнению с ВЭПП-4М. Интересно, что они же предложили аналогичное решение для проектируемого в ЦЕРНе коллайдера FCC, который послужит фабрикой бозонов Хиггса. Аналогичная схема запланирована для будущей китайской фабрики этих бозонов.

Предполагаемая Супер-с-тау-фабрика станет самым большим прибором в новосибирском институте — периметр каждого из двух ее накопительных колец составит 800 метров.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Электронный пучок предварительно поляризуют, чтобы все спины были направлены вдоль пучка, а сталкиваясь с позитронами они станут в одном месте встречи, где поставят универсальный детектор, наполненный аэрогелем. Этот уникальный материал, изготовленный в Институте катализа СО РАН им. Г.К. Борескова, уже давно служит в детекторе LCHb большого адронного коллайдера. Нынешних источников электронов и позитронов для фабрики не будет хватать, и нужно построить еще несколько ускорителей. Они дадут частицы в необходимом количестве и с той же энергией, какая нужна для столкновения, — 1—2,5 ГэВ.

При столкновениях в этом диапазоне энергий обязательно рождаются очарованные кварки, и они дают очарованные частицы. Это и чармоний — мезон, состоящий из очарованного кварка и антикварка, и очарованные мезоны, где с-кварк соединен с более легким кварком, и очарованные адроны, содержащие два легких кварка и с-кварк. Если же суммарная энергия сталкивающихся частиц превышает 3,6 ГэВ, то рождаются тау-лептоны — очень тяжелые родственники электрона и мюона. Обладая огромной массой покоя, они способны распадаться и порождать адроны. Новосибирская фабрика позволит быстро набрать такую статистику наблюдения очарованных частиц, которая многократно превзойдет все, что было известно о них до сих пор. А это путь к прорыву в физике элементарных частиц, ведь огромное число порождаемых на ней тяжелых лептонов и мезонов позволит изучить принципиально новые явления — нарушения четности в превращениях очарованных адронов, тау-лептонов, а также несохранение лептонного числа.

В 2011 году новосибирская Супер-с-тау-фабрика вошла в число шести проектов класса «меганаука», принятых к реализации на территории РФ. Этот проект одобрен Европейским советом по ускорителям будущего. В 2019 году должна завершиться подготовка к принятию решения о строительстве этого уникального научного объекта. И тут надо торопиться, ведь японская Супер-В-фабрика в Цукубе обладает такой же светимостью; если долго провозиться с этим проектом, можно опять опоздать, как уже вышло с коллайдерами ВЭПП-3 или ВАПП. Успех проекта принесет российским физикам заслуженную славу, и им не придется применять свой опыт знания для разработки ускорителей в других странах. А человечество получит новые знания и возможность выйти за пределы своих сегодняшних представлений о мироздании.

При подготовке материала были использованы статьи и книги: Е.Б. Левичев, А.Н. Скринский, Г.М. Тумайкин, Ю.М. Шатунов. Работы со встречными электрон-позитронными пучками в ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН. «Успехи физических наук», 2018, 188, 5, 461–480.

И.Б. Логашенко, С.И. Эйдельман. Аномальный магнитный момент мюона. «Успехи физических наук», 2018, 188, 5, 540–573. «Первые коллайдеры ИЯФ» под редакцией А.Н.Скринского. Новосибирск, 2014

Мгновения Будкера

В 1988 году вышла книга воспоминаний тележурналистки А.А. Мелик-Пашаевой — вдовы Герша Ицковича Будкера, которого все знали как Андрея Михайловича. Она называется «А.М. Будкер в четырех ракурсах». «Симбиоз мудреца и активно-деятельного человека с чертами наивно-суетного местечкового провинциала. Глубокая внутренняя совестливость и порядочность соседствовали с хитрецей балаганного фокусника», — так охарактеризовал его академик А.Т. Беляев.

Будкер родился в тяжелое время — шла Гражданская война. Отца он потерял в двухмесячном возрасте; его, батрачившего на мельнице недалеко от Винницы, убили петлюровцы. Это не помешало мальчику выжить и получить достаточно знаний, чтобы попытаться поступить на физфак МГУ им. М.В. Ломоносова. Первая попытка не удалась, пришлось вернуться в родное село и год служить учителем физики и математики. Во второй раз посчастливилось — в 1936 году он стал студентом-физиком, однако не самым прилежным. Женившись на третьем курсе, Будкер порой заходил в университет раз в месяц — чтобы получить стипендию. Остальное время тратил на зарабатывание денег, в частности, будучи прекрасным танцором, подрабатывал учителем танцев.

Эта жизнь закончилась летом 1941 года: защитив диплом 23 июня, он сразу же пришел в комитет комсомола и записался добровольцем, при этом попал в московское народное ополчение. И оказался дезертиром — его распределили дефектоскопистом на завод, который оказался в военном подчинении. Будкера нашли, но ему удалось отстоять свое право защищать страну с оружием в руках, а не проводя измерения в тылу. Потом он оказался в зенитной части, где сумел сделать несколько изобретений. Один из приборов так и назвали АМБ — Андрей Михайлович Будкер. Перед концом войны, он, будучи в Москве, ходил к Л.Д. Ландау сдавать теорминимум, но не преуспел в этом деле.

Весной 1946 года Будкер с женой и детьми неожиданно для всех приехал в Москву, пришел к друзьям и заявил, что ему срочно нужны работа и жилье, причем прямо сейчас — родные сидели на вокзале. В студенческом общежитии ему посоветовали обратиться в одну

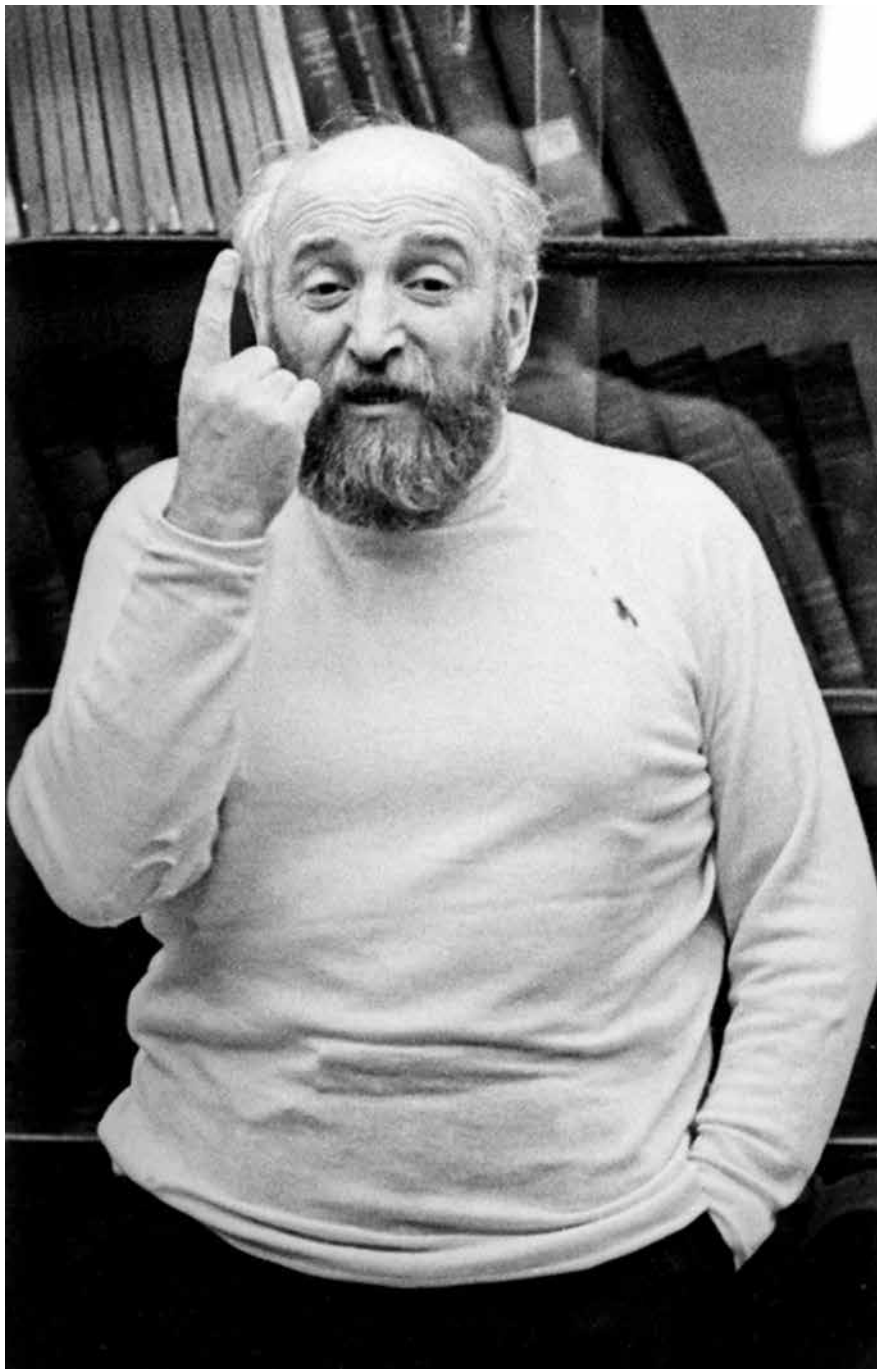


Фото: Петров В.В., фотоархив ИЯФ СО РАН

организацию, где позарез были нужны физики. Тогда она называлась Лаборатория измерительных приборов, а сейчас — Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова. Будущий академик А.Б. Мигдал с ним побеседовал, убедился, что физику Будкер знает не очень хорошо, зато имеет ясный, быстрый ум, умеет изобретать технические устройства, и решил рискнуть — принять его на работу: человек, склонный и к физике, и к инженерному творчеству, был нужен их коллективу теоретиков. И действительно, Будкер фонтанировал техническими идеями, к удивлению коллег, они зачастую оказывались реализуемыми.

В 1951 году Будкер оказался в группе, которая занималась проблемами управляемого термоядерного синтеза. Физики были так уверены в скором успехе, что

поручили ему решить проблему — как регулировать работу будущего реактора. «Это поручение напоминает мне сейчас историю о том, как некто хотел изобрести вечный двигатель и взял патент на то, чтобы тот не разогнался до бесконечных скоростей...» — рассказывал потом Будкер. Естественно, что проблема термояда привела Будкера к работе по созданию теории плазмы. «Я отчетливо видел в своих формулах яркое светящееся кольцо. Оно могло часами неподвижно висеть в вакууме. Что-то в этом чудилось мистическое, — вспоминал Будкер. — Так же ясно я потом представил себе свечение встречных пучков. Сделали их — увидели: и вправду светятся!» А еще он говорил: «Проблема термоядерной реакции — это не обычная физическая проблема. Это проблема, которая должна преобразовать

общество и мир. Наше поколение, которое дало людям атомную энергию и термоядерную энергию во взрывном виде, несет ответственность перед человечеством за решение основной энергетической задачи — получение энергии из воды. Люди ждут решения этой проблемы. Наш долг — решить ее при жизни нашего поколения, и поэтому мы должны вступить на этот путь». Увы, решить эту проблему пока не удалось, и, похоже, если решение будет найдено, то это сделает уже поколение правнуков Будкера.

Однако в своих рассуждениях он дошел до интересного явления, которое назвал «стабилизированным релятивистским пучком» — тончайший пучок электронов и ионов, несущихся с околосветовой скоростью и переносящий огромные количества энергии. Последовало его назначение на должность начальника лаборатории новых методов ускорения. «Многие не понимали Курчатова, — вспоминает И.Н. Головин, создавший первый Токамак и придумавший само это название, — поставить во главе коллектива человека с нулевым организационным опытом, да еще такого странного? Этот чужак бродил по коридорам института и донимал всех разговорами то о «карманном» ускорителе, который непременно должен уместиться на столе, то об особенностях архитектуры современных «храмов науки», то о том, что в слаженной волейбольной команде играть надо на гасящего (он был капитаном институтской сборной), то он вдруг увлекся легендарными рыцарями короля Артура и их круглым столом...»

И вот в 1956 году после появления американских статей о перспективности коллайдеров и работе со встречными пучками началось создание таких установок. В СССР их инициатором оказался Будкер — видимо, тема работы с электронными пучками была ему очень близка. Коллеги вспоминают, что Будкер еще за несколько месяцев до выхода препринта соответствующей американской статьи пришел к выводу о колоссальном выигрыше энергии именно при ударах встречных пучков, а не пучком по неподвижной мишени.

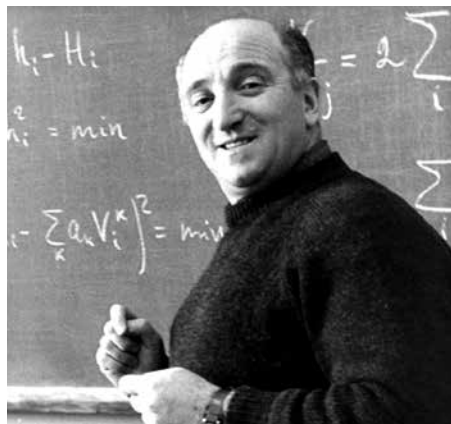


Фото: Лещинский В.М., фотоархив ИЯФ СО РАН

Постепенно в лаборатории Будкера стала складываться группа физиков и инженеров, которая занялась проектированием электрон-электронного коллайдера. В 1962 году коллайдер смонтировали в новом здании новосибирского института, где он стал директором. Коллайдер был спроектирован на энергию 130 МэВ в каждом пучке, при их соударении получалась такая же энергия, как если бы пучок, разогнанный до 100 ГэВ, бил по неподвижной мишени. Это факт Будкер любил подчеркивать во время экскурсий. А еще он постоянно любовался свечением кольца разогнанных электронов.

Потом пришло время столкновения электронов с позитронами: первое событие произошло в 1966 году, а Ленинскую премию за работу присудили в 1967-м. Это был триумф идей Будкера.

Работа шла отнюдь не гладко — Будкера многие физики недолюбливали. Серьезный конфликт у него был с В.И. Векслером, создателем теории синхротрона. «Стремительное появление Будкера поляризовало общественное мнение физиков, — вспоминает академик Я.Б. Зельдович. — Одни говорили о ярком и талантливом человеке, другие его же называли прожектером и чуть ли не местечковым нахалом — “легко писать формулы, а вот ты попробуй сделать то же”». А вот что говорит нынешний директор института А.Н. Скринский: «К успешному финишу — осуществлению экспериментов по электрон-электронному рассеянию — пришли одновременно только два центра — Стэнфордский университет (США) и образованный на базе лаборатории Будкера Институт ядерной физики в Новосибирске».

Но это было уже в 1965 году, когда прошло много лет, самых сложных и, по моему восприятию, самых тяжелых лет становления и “выхода в люди” нашего коллектива. При этом яркие идейные, изобретательские и результативные взлеты совмещались с фантастическим несоответствием наших намерений и внутренних решений реальным достижениям как по срокам, так и по параметрам...

Многие начинавшие вместе с нами отчаялись и ушли, тем более что работа была связана с переездом из Москвы, из прославленного Института атомной энергии, в Новосибирск, в несуществующий, совершенно “негарантированный” институт, к тому же при упомянутом вопиющем противоречии намерений и решений с реальными результатами».

Любовь к рыцарям круглого стола привела Будкера к интересной идее управления институтом — ежедневно он собирал ученый совет за круглым столом, приглашая на заседания не только ученых, но и управленцев. «Если я окружу себя аппаратом, то аппарат, естественно, повернется лицом к ди-



ПОРТРЕТЫ

ректору и окажется, скажем так, спиной к членам ученого совета. А если я окружу себя членами ученого совета, то аппарат, находясь снаружи первого круга, все равно повернется ко мне лицом, но теперь он невольно будет повернут лицом и к членам совета», — говорил Будкер. Этот круглый стол и сейчас служит для обсуждения проблем института в зале, украшенном барельефом Будкера. Благодаря этой традиции он не только стал в свое время островком капитализма в советской экономике — институт сам назначал цены на свою продукцию, а сэкономленные фонды пускал на развитие, — но и сохранил внутреннее единство в непростое время рыночных преобразований, когда многие другие организации самораздробились, но не преуспели, а потерпели крах в новых экономических условиях.

В конце семидесятых Будкер заболел — подкачало сердце, случился инфаркт. Тогда он стал все чаще в мечтах улетать с Земли, спрашивал: «Что там, в медицине, скоро ли будут лечить сердца невесомостью?» Хотел предложить себя в качестве подопытного объекта врачам.

«Для полетов к далеким звездам вне Солнечной системы, — говорил Будкер, — атомное топливо не годится. Антивещество — единственный из известных сегодня источников энергии — дает возможность развить скорость, близкую к скорости света. И тогда человечество сможет расселиться на расстояния столь большие, что даже сигналы, идущие со скоростью света, будут приходить только через поколения. Страшно даже подумать о такой разобщенности, особенно людям нашего времени, меж которыми практически нет расстояний! Наука утверждает: нельзя двигаться быстрее света. А физики будущего, быть может, научат людей перемещаться из точки в точку за время меньшее, чем это нужно свету. Тогда перед человечеством откроется вся Вселенная. Однако это уже не прогноз, опирающийся на современную науку, а мечта: фантастика, волшебные сказки нашего времени...»

Фотографии с сайта
Отделения ГПНТБ СО РАН,
<http://www.prometeus.nsc.ru>



Абиогенные молекулы с повадками паразитов

Исследователи из Нидерландов впервые наблюдали «паразитическое» поведение небиологических самовоспроизводящихся систем. Их результаты позволяют говорить о том, как возникла и эволюционировала жизнь и как простые химические строительные блоки можно использовать для получения синтетической жизни (*«Angewante Chemie, Int. Ed.»*, 2018, doi: 10.1002/ange.201804706).

Большая часть искусственно созданных систем, моделирующих явления биогенеза или отбора, имела в своей основе один тип самовоспроизводящихся молекул, таких как ДНК, РНК или синтетические репликаторы.

Сийбрен Отто с коллегами из Университета Гронинген создали систему, где один тип самовоспроизводящихся молекул способствует формированию другого типа молекул-репликаторов, которые для своего размножения паразитически потребляют молекулы-репликаторы первого типа. По словам Отто, результаты их работы показывают, что паразитизм мог появиться до появления жизни как таковой. Печально, но факт: стратегия паразитизма древнее самой жизни.

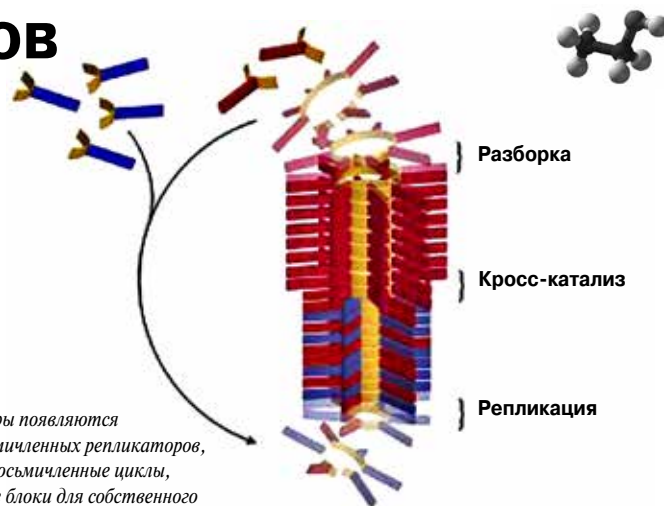
Эффект был обнаружен, когда исследователи из группы Отто работали с ранее полученными в их лаборатории синтетическими репликаторами — дитиольными строительными блоками, образующими циклы, которые затем укладываются стопками друг поверх друга, в итоге формируя волокна. При перемешивании содержимого колбы волокна распадаются

Шестичленные репликаторы появляются как второе поколение восьмичленных репликаторов, после чего «потребляют» восьмичленные циклы, используя их строительные блоки для собственного роста. Это напоминает поведение паразитов или хищников

на две части, каждая часть продолжает расти дальше, формируя большее количество циклов. Продолжение перемешивания приводит к повторению процесса, и репликация идет по экспоненте.

Ранее проведенные эксперименты показали, что первое поколение молекул-репликаторов способствует образованию новых репликаторов в том же самом реакционном сосуде, после чего первое и второе поколения репликаторов могут сосуществовать и кооперировать, способствуя образованию друг друга. В новой работе исследователи решили выяснить, не начнут ли репликаторы «эволюционировать», если они будут потреблять строительные блоки другого типа. Однако получилось так, что репликаторы стали демонстрировать паразитическое поведение.

ХЕМОСКОП

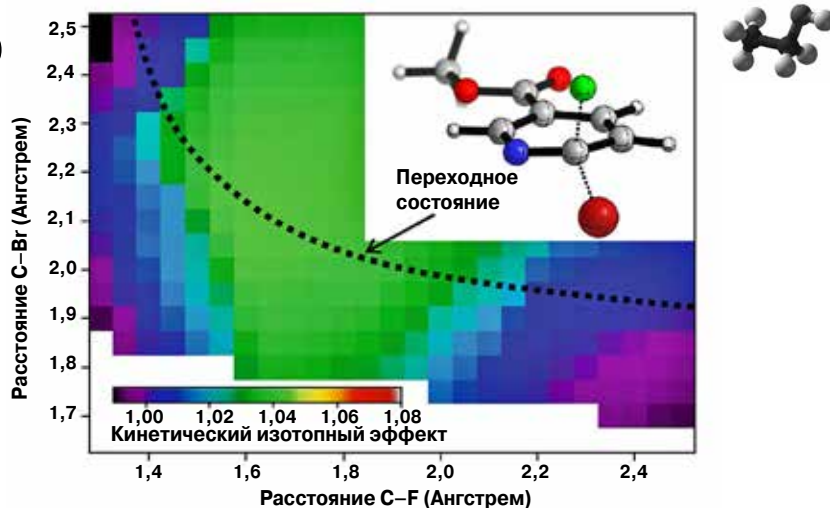


Суть паразитизма заключалась в том, что репликаторы, состоящие из восьмичленных циклов, в свою очередь собранных из дитиольных строительных блоков, применялись для кросс-катализа и способствовали формированию новых репликаторов в той же колбе из второго типа дитиолов (слегка отличного от первого типа). Эти шестичленные циклы-репликаторов воспроизводились медленнее, ведя себя при этом как паразиты — потребляя строительные блоки восьмичленных репликаторов, благодаря которым они появились на свет. В конце концов в системе оставались только шестичленные репликаторы. Отто планирует эксперименты, в которых попытается заставить молекулы-репликаторы участвовать в процессах, имитирующих мутации и естественный отбор.

Механизм нуклеофильного замещения нуждается в пересмотре?

Результаты, полученные исследователями из США, позволяют предположить, что классический механизм нуклеофильного ароматического замещения (S_NAr), который приводится в вузовских учебниках по органической химии, нельзя применять для большинства реакций. Интермедиат процесса замещения, описываемый в учебниках, — скорее исключение, чем правило (*«Nature Chemistry»*, 2018, doi: 10.1038/s41557-018-0079-7).

ХЕМОСКОП



Предсказанные на основании квантово-химических расчетов значения кинетического изотопного эффекта реакции замещения. Координата реакции, протекающей по наиболее выгодному с точки зрения энергии согласованному механизму, отмечена черным пунктиром. Предсказанные значения КИЭ согласуются с измеренными в ходе эксперимента значениями

Нуклеофильное ароматическое замещение S_NAr — процесс, часто применяемый для синтеза фармакологически активных соединений. В учебниках об этом замещении говорится как о двухстадийном процессе, в ходе которого образуется отрицательно заряженный интермедиат — комплекс Мейзенгеймера. Как отмечает руководитель исследования Эрик Якобсен из Гарварда, хотя в последнее время накапливаются свидетельства в пользу того, что представления о «пошаговом» двухстадийном замещении не всегда соответствуют данным эксперимента, большинство преподавателей и исследователей эти свидетельства игнорируют. По мнению Якобсена, такой консерватизм может объясняться как тем, что «механизм из учебника» проще понять, так и тем, что не всегда удается соотнести основанные на результатах квантово-химических расчетов предсказания и результаты эксперимента.

Исследователи из группы Якобсена провели и экспериментальное, и теоретическое исследование нуклеофильного ароматического замещения. Для экспериментов отобрали три соединения, заместители которых должны были ста-

билизировать или дестабилизировать комплекс Мейзенгеймера. Экспериментально образование такого комплекса было подтверждено только в случае, предельно подходящем для его стабилизации, — в реакции динитрофтормензола с метилат-анионом (в ароматическом соединении две нитрогруппы способствуют понижению электронной плотности на бензольном кольце, а метилат-анион — очень сильный нуклеофил). Компьютерное же исследование 120 реакций S_NAr говорит о том, что в 83% случаев замещение протекает в одну стадию в результате согласованного процесса.

Ключом для изучения механизма и сравнения результатов теоретического и экспериментального исследования были измерения кинетического изотопного эффекта (КИЭ). Суть его, если говорить схематично в применении к обсуждаемому исследованию, заключается в том, что скорости реакции с участием связей $^{12}C-F$ и $^{13}C-F$ должны различаться, только если разрыв этих химических связей происходит на определяющей скорости (то есть самой медленной) стадии механизма реакции. Якобсен с коллегами определил величины КИЭ нескольких реакций квантово-химически, измерил

эти величины экспериментально с помощью спектроскопии ЯМР на ядрах фтора, и оказалось, что измеренные величины близки предсказанным для согласованного механизма замещения, а не для процесса, протекающего с образованием комплекса Мейзенгеймера.

Критики работы Якобсена говорят о том, что эксперимент проводили в метаноле либо в диметилформамиде, проигнорировав более полярные и протонодонорные растворители, которые, по логике вещей, могли бы стабилизировать комплекс Мейзенгеймера. Однако Якобсен отвечает, что смоделированный квантово-химически учет влияния даже такого полярного растворителя, как вода, не меняет координату реакции, и фактически двухстадийное замещение остается выгодным лишь в 17% случаев, которые определяются не условиями среды реакции, а только реагентами.

У кого-то может возникнуть вопрос: зачем изучать механизмы реакций? Конечно же не для того, чтобы опровергать учебники. Чем больше мы знаем о механизме реакции, тем больше шансов, что мы будем ею «правильно» управлять, осуществив важные превращения в наиболее подходящих условиях.

Масс-спектрометрия ищет фальшивые рукописи

Группа исследователей из Глазго разработала методику, основанную на применении масс-спектрометрии, позволяющую идентифицировать фальшивые рукописи, и протестировали ее на поддельных рукописях Роберта Бернса (*«Scientific Reports»*, 2018, doi: 10.1038/s41598-018-28810-2).

Шотландский поэт, классик английской литературы Роберт Бернс (1759—1796) записывал свои стихи чернилами различного химического состава, существовавшими в ту эпоху. Его рукописи ценились очень высоко, и, естественно, многие пытались нажиться на подделках. Самым известным фальсификатором рукописей Бернса был Александр Смит, который до своего разоблачения и заключения в тюрьму успел продать немало фальшивок. При разработке нового метода, основанного на комбинированном применении масс-спектрометрии и самообучающихся нейросетей, исследователи использовали в качестве стандартов подлинные рукописи Бернса и фальшивки Смита. Важно, что новый метод не повреждает объекты анализа.



Роберт Бернс

Методика заключается в следующем. Два микролитра смеси метанола и воды распыляли на участок рукописи с чернилами. Затем растворитель с чернилами отбирали с поверхности рукописи и образец подавали в масс-спектрометр. Полученные данные обрабатывали с помощью самообучающейся нейросети. Училась она отличать компоненты чернил, которые мог использовать Бернс, от компонентов, заведомо принадлежащих другой исторической эпохе.

После обучения нейросети исследователи протестировали систему на двенадцати работах — трех подлинных рукописях Бернса и девяти фальшивках Смита. Фальшивки были однозначно опознаны, при этом системе удалось найти до 16 различий между аутентичными рукописями и подделками.

Выпуск подготовил
кандидат химических наук
А.И.Курамшин

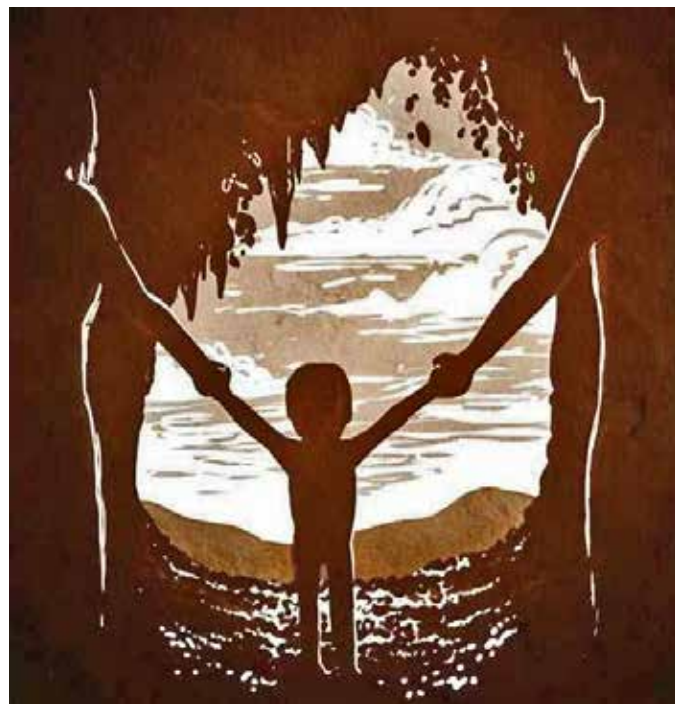
Палеогеномика и принцесса-полукровка

Изучение древней ДНК принесло новый блестящий результат. Палеогенетики из Института эволюционной антропологии общества Макса Планка — Сванте Пэабо, Вивиан Слон и их коллеги — секвенировали геном человека, фрагмент кости которого был найден в Денисовой пещере на Алтае, и выяснили, что это дочь неандерталки и денисовца. В числе соавторов статьи, посвященной этому знаменательному событию, — сотрудники новосибирского Института археологии и этнографии РАН.

Денисова пещера — для коренного населения Аю-Таш, Медвежий Камень — известное из научной литературы название получила то ли в честь старообрядца Дионисия, который в конце XVIII века жил отшельником в этой пещере, то ли в честь простого местного пастуха Дениса. Археологи заинтересовались пещерой в 1977 году. С тех пор в ней ведутся систематические исследования, выявлено более 20 культурных слоев, датированных средним плейстоценом (возраст старших — не менее 200 000 лет). В пещере найдено множество разнообразных артефактов — орудия и украшения из кости и камня, и даже плоские бусинки из скорлупы страусиного яйца! И браслет из полированного хлоритолита, явно принесенного издалека, — поблизости нет открытых месторождений этого красивого ярко-зеленого камня. И конечно, найдены костные останки гоминин. Будем называть этим собирательным словом представителей рода *Homo*, обитавших в Денисовой пещере. Виды это или подвиды, или какие-то иные группы мельче подвидов, но крупнее расы — тут есть неясность ввиду последних открытий. Неандертальца систематики в настоящее время называют *Homo sapiens neanderthalensis*, нашего нового родича — *Homo sapiens denisova*, *Homo sp. Altai* или *Homo sapiens subsp. Denisova*.

Пока что исследована ДНК шести индивидов из Денисовой пещеры. В научной литературе их называют по месту находки, «Денисова» + номер. Есть еще статья про изучение митохондриальной ДНК денисовцев и неандертальцев (а также других видов млекопитающих), извлеченной из осадочных пород в пещере, но это отдельная тема («Science», 2017, doi: 10.1126/science.aam9695).

Итак, Денисова 2 — коренной зуб, слой 22 (очевидно, самая древняя из шести), девочка, денисовский человек. Денисова 3 — фаланга пальца, найденная в 2008 году в слое 11 (по геномным данным, она жила около 80 000 лет назад, датирование по слоям дает меньшую древность), девочка — та самая легендарная находка, первая представительница денисовских людей, идентифицированная по ДНК сотрудниками Института эволюционной антропологии — Сванте Пэабо, Йоханнесом Краузе и их коллегами («Nature», 2010, doi: 10.1038/nature08976, см. также «Химию и жизнь», 2010, 5). Денисова 4 и Денисова 8 — два зуба, оба принадлежали мужчинам-денисовцам, один найден в слое 11, другой на границе слоев 11 и 12. Денисова 5, также известная как «алтайский неандерталец», — фаланга большого пальца ноги, женщина; слой 11, возраст по геномным данным — около 120 000 лет. Эта находка сыграла важную роль в исследовании неандертальского генома («Science», 2017, doi: 10.1126/science.aao1887). И наконец, Денисова 11, или костный фрагмент DC1227 из слоя 12, девочка Денни — героиня сегодняшнего репортажа, дочь неандертальской женщины и денисовца-мужчины.



Художник: Рита Кофев
Институт эволюционной антропологии общества Макса Планка

Линии неандертальцев и денисовцев разошлись не позднее 390 000 лет назад, хотя теперь понятно, что и после этого между ними происходила гибридизация, и у кроманьонцев с неандертальцами и с денисовцами тоже. Однако, как отметила Вивиан Слон, первый автор статьи, никто не ожидал, что удастся найти настолько ясное и бесспорное доказательство — потомка скрещивания в первом поколении, наполовину неандертальца, наполовину денисовца.

Когда жила Денни и сколько ей было лет? Костный фрагмент Денисова 11 был найден в 2012 году, результаты его исследования опубликованы четырьмя годами позже («Scientific Reports», 2016; doi: 10.1038/srep23559). Но для начала надо было доказать, что этот небольшой, около 2 см в длину (см. рисунок), обломок кости принадлежит именно человеку. В Денисовой пещере найдены сотни тысяч костных фрагментов, но как отыскать среди них гомининные? Мало ли кого тут люди разделявали и ели. Человеческие зубы, конечно, не спутаешь со звериными, а с кусочками трубчатых костей все не так просто. Чтобы определить их видовую принадлежность, использовали метод фингерпринта пептидов коллагена. Этот белок соединительной ткани содержится в костях всех млекопитающих и достаточно хорошо сохраняется, особенно в прохладном климате (а в Денисовой пещере прохладно круглый год). Кроме того, коллаген имеет четкие видовые вариации в аминокислотной последовательности, которые можно выявить с помощью масс-спектрометрии. Этот метод получил название ZooMS — «зооархеология по масс-спектрометрии», и он помог найти среди множества костных обломков принадлежавший представителю рода *Homo*.

Радиоуглеродное датирование показало, что возраст находки — более 50 000 лет, однако «более» — в данном случае понятие растяжимое. Радиоуглеродный анализ отлично работает на протяжении исторического периода, но полсотни тысячелетий — это близко к пределу его возможностей. Более точная датировка по данным генетического анализа дала около 90 000 лет.

Кстати, в том же исследовании получены данные микрокомпьютерной томографии, говорящие о том, что косточка подвергалась кислотному травлению, возможно, в желудке хищника (авторы предполагают, что пещерной гиены, их там водилось много). Этот неромантический момент почему-то не упоминается в свежих новостях о дочери двух народов. Хотя, если папа-неандерталец прикончил и приволок в пещеру гиену, которая съела ребенка, сценарий фильма о древних жителях Алтая еще можно спасти...

Да, так почему ребенок? По толщине кортекса (более плотного поверхностного слоя) кости исследователи заключили, что индивиду на момент смерти было не менее 13 лет; в принципе, могло быть и больше.

Почему известно, что неандерталка — именно мать, а не отец? Это установили по исследованию митохондриальной ДНК, все в той же работе 2016 года. Полученная последовательность была абсолютно неандертальской, прекрасно кластеризовалась с другими неандертальскими мтДНК, таким образом, в происхождении матери не было ни малейших сомнений. Напомним, что мтДНК наследуется по женской линии, как и сами митохондрии — клеточные органеллы, вырабатывающие энергию; человек получает их только от мамы.

Как установили, что ребенок — девочка и что отец — денисовец? Это и есть результат новой работы, опубликованной в «Nature», — исследование уже не митохондриальной, а геномной ДНК. Такие исследования стали возможными благодаря технологиям секвенирования нового поколения (в данном случае использовались платформы MiSeq и HiSeq 2500 компании «Illumina»), которые могут читать огромное количество мелких кусочков ДНК, а также благодаря информационным технологиям, позволяющим сопоставлять прочитанные обрывки с отсекуемыми ранее (референсными) геномами. Прочитанные кусочки называются ридом. В данной работе было достигнуто покрытие 2,6 (то есть каждый нуклеотид содержали в среднем 2,6 ридов); бывают покрытия и получше, но такой результат уже можно обсуждать, тем более для уникальной древней ДНК.

Так, значит, почему дочка, а не сын? Как известно, все неполовые хромосомы у людей парные, а половые — у женщин парные, XX, у мужчин непарные, XY. Исходя из предположения, что ДНК всех хромосом имеет одинаковую сохранность, в образцах женской ДНК для X-хромосомы покрытие будет таким же, как и для любой неполовой хромосомы, а у мужчины существенно меньше. Этот метод для древней ДНК надежнее, чем поиск маркеров Y-хромосомы: если эти маркеры найдутся, значит, ДНК точно принадлежит мужчине, а если не найдутся, то женщине... или мужчине, но маркер потерялся. Сравнение



СОБЫТИЕ

же покрытия неполовых и половых хромосом четко разделяет древних людей на две несмешивающиеся группы, и Денни по этому признаку попала к девочкам.

Но самые интересные результаты показало сравнение ридов с неандертальскими и денисовскими геномами: неандертальские и денисовские аллели оказались представленными примерно в равных соотношениях (38,6% неандертальских аллелей и 42,3% денисовских). В принципе, подобный результат мог наблюдаться и в том случае, если ребенок принадлежал к смешанной популяции. Однако распределение неандертальских и денисовских аллелей (в частности, высокая гетерозиготность) больше всего походило на то, которое должно было наблюдаться у гибрида первого поколения: из двух копий каждого гена одна получена от матери, другая от отца.

Что касается неандертальских аллелей, в 12% случаев они были теми же, что в геноме алтайской неандерталки (Денисова 5), которая жила в той же пещере 120 000 лет назад, то есть примерно на 30 000 лет раньше, чем Денни и ее родители, и в 19,6% — теми же, что в геноме Vindija 33.19, неандертальца из хорватской пещеры Виндия, который жил намного позднее, около 55 000 лет назад. Вывод кажется странным — Хорватия далеко от Алтая, но за десятки тысяч лет мигрирующие группы древних людей могли пройти огромные расстояния. Также установлено, что у отца-денисовца был неандертальский предок, хотя и очень давно — за сотни поколений до него. Кстати, и у знаменитой Денисова 3 обнаружена неандертальская примесь.

Таким образом, появляется все больше данных в пользу того, что межгрупповое скрещивание не было редкостью. «Неандертальцы и денисовцы, вероятно, имели не так много шансов встретиться. Но раз уж это произошло, они должны были скрещиваться часто — намного чаще, чем мы думали», — сказал Сванте Пääбо.

Какими были денисовцы? Точно не известно. Судя по найденным зубам и костным фрагментам, они больше походили на неандертальцев, чем на нас. Люди крепкого, массивного телосложения, по некоторым генетическим данным, — смуглые, темноволосые и темноглазые (по крайней мере, те, чьи геномы были исследованы). Не исключено, что они были талантливыми мастерами, если хотя бы часть найденных в тех же слоях артефактов сделана ими. Есть версия, например, что длинную иглу из птичьей кости изготовили денисовцы, а раз им понадобилась игла, то, значит, шили, нанизывали бусы... Впрочем, с этой версией не все согласны. Возможно, через некоторое время мы узнаем больше — или найдем новые останки, или лучше научимся понимать тексты ДНК.

Е. Клещенко

Литература

Viviane Slon, Fabrizio Mafessoni, Benjamin Vernot, Cesare de Filippo, Steffi Grote, Bence Viola, Mateja Hajdinjak, Stéphane Peyrégne, Sarah Nagel, Samantha Brown, Katerina Douka, Tom Higham, Maxim B. Kozlikin, Michael V. Shunkov, Anatoly P. Derevianko, Janet Kelso, Matthias Meyer, Kay Prüfer, Svante Pääbo. // The genome of the offspring of a Neanderthal mother and a Denisovan father. // Nature, 2018; doi: 10.1038/s41586-018-0455-x.

«Нет, весь я не умру...»



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

Около 12 тысяч лет назад завершился плейстоцен — великая эпоха денисовцев, неандертальцев и кроманьонцев, а также мамонтов, пещерных львов и медведей, шерстистых носорогов и множества других потрясающих животных. Некоторые виды, в том числе и *Homo sapiens*, благополучно пережили плейстоцен, других мы уже не увидим, увы. Однако они не исчезли бесследно, последовательности их ДНК сохранились в геномах современных видов. Это оказалось возможным благодаря межвидовым скрещиваниям. Отношения современных людей, неандертальцев и денисовцев вызывают огромный интерес и совершенно затмили события, происходившие в мире животных. А меж тем бурые медведи *Ursus arctos* сберегли гены пещерных медведей *U. spelaeus*.

Пещерный медведь, один из символов плейстоценовой мегафауны, был примерно на треть крупнее со-

временного бурого. Этот вид жил в Евразии и вымер около 25 тысяч лет назад после длительного сокращения численности. Сотни тысяч лет два вида соседствовали и вполне могли скрещиваться. Межвидовая гибридизация между представителями этого семейства — не редкость. Известно, что бурые медведи скрещивались и скрещиваются с полярными, но существование буро-пещерных гибридов нужно было доказать. Эта честь принадлежит международной группе исследователей под руководством профессора Потсдамского университета Михаэля Хофрейтера («Nature Ecology & Evolution», 2018, doi: 10.1038/s41559-018-0654-8).

Ученые проанализировали последовательности геномной ДНК из костей четырех пещерных медведей, живших в конце плейстоцена. Остатки найдены в пещерах Австрии, Испании и Армении и принадлежали представителям четырех

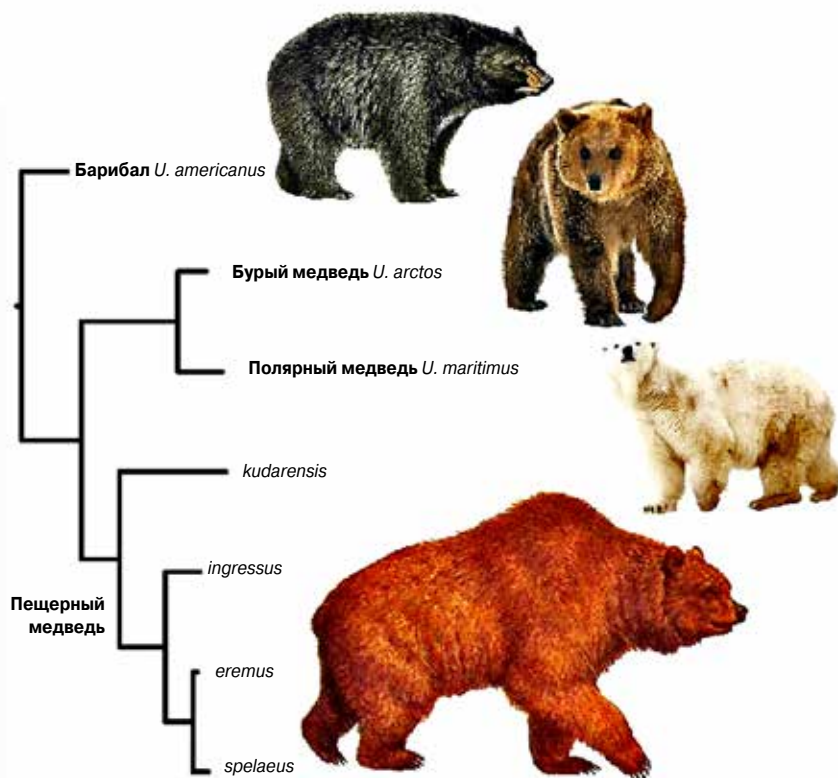
сестринских таксонов *U. spelaeus* (см. рис.). Эту ДНК сравнили с образцами из окаменевших костей бурых медведей, живших в позднем плейстоцене, а также с последовательностями современных бурых медведей из разных регионов Европы и Аляски, трех полярных медведей, черного американского медведя барибала *U. americanus*, гималайского медведя *U. thibetanus*, очкового медведя *Tremarctos ornatus* и большой панды *Ailuropoda melanoleuca*.

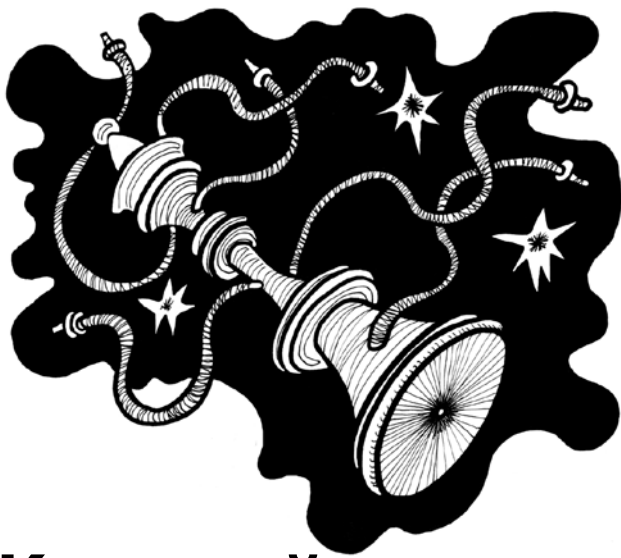
Анализ подтвердил, что бурый и пещерный медведи обменивались последовательностями ДНК, причем поток генов от пещерных медведей к бурым был, по-видимому, более интенсивным. У бурых медведей плейстоцена доля пещерных генов составляла около 2,4%. Среди современных медведей больше всего генов *U. spelaeus* сохранила грузинская популяция (по меньшей мере 1,8%), затем западноевропейская (1,3—1,4%), медведи Америки и России остались обделенными, у них лишь 0,9—1,0% пещерных генов.

Бурые медведи — вид широко распространенный и хорошо приспособленный. Скорее всего, полученные ими пещерные аллели также повысили приспособленность вида, иначе отбор их не сохранил бы. Что это были за аллели, пока сказать сложно. Ученые наметили пять генов-кандидатов, ответственных за клеточное деление, сокращение скелетной мускулатуры и репликацию ДНК, но эта гипотеза нуждается в проверке.

Какие бы это ни были аллели, геном бурых медведей сберег частичку пещерного генома, подобно тому, как ДНК неандертальских предков мы находим в геномах современных людей. Такой результат, по мнению исследователей, заставляет пересмотреть концепцию вымирания вида. На генетическом уровне виды могут сохраняться и участвовать в эволюции еще десятки тысяч лет после того, как их кости исчезли из палеонтологической летописи. Плейстоцен все еще с нами.

Н. Резник





Художник Н. Колпакова

Красный Ферзь



Дмитрий Осин

НАНОФАНТАСТИКА

Штурман уселся в соседнее кресло, нажал несколько кнопок на пульте, чем-то пощелкал. Потом откинулся на спинку и некоторое время дудел через губу. Не найдя, чем бы еще заняться, он произнес:

— Ничего нового, профессор?

Профессор молча пожал плечами. Он сидел перед экраном и в который раз созерцал однообразную звездную россыпь. Как бы в утешение ему, однообразие нарушал висящий прямо посреди экрана мертвый зрачок Хороса, реликтовой черной дыры, окруженный нежно-розовым нимбом искривленных световых волн. По расчетам выходило, что исследовательский зонд «Вергилий-5» уже должен пройти эргосферу и начать погружение. Цель достигнута. Конечная остановка.

Или не конечная. Сейчас все решал человек на «Вергилии», наглухо запакованный в кокон из силовых полей. Непонятный человек. Станный и, по-видимому, опасный.

Профессор закрыл глаза и стал вспоминать.

Настоящего имени этого человека не знал никто, в тюремном списке он проходил под номером, а в криминальных сводках — под кличкой Красный Ферзь. При первой же встрече профессор понял почему. Эту шахматную фигурку заключенный постоянно вертел в пальцах, перебрасывал с ладони на ладонь, тербил, поглаживал.

— Зачем это вам? — поинтересовался профессор.

— На удачу, — невозмутимо ответил тот.

Удача — ключевое слово. Оно и стало причиной, по которой из многих кандидатов психологи выбрали именно его. Этот человек двадцать лет водил за нос силовые ведомства Земли. Он обходил все засады, разоблачал все подставы, тщательно спланированные операции по его задержанию срывались в последний момент, ибо объект не являлся в точку randevu, словно знал заранее. Какой-то конфликт случился у него с бандой Кривого Шломо, и банда была уничтожена с жестокостью и ловкостью невероятной. Он никогда не оставлял свидетелей. Потом случилась Пекинская авария, и он по глупой нелепости попал в облаву.

Обследовавшие его психологи вынесли вердикт: ярко выраженная способность к немотивированному выбору оптимальных решений.

Профессор лично приехал в тюрьму, чтобы предложить ему сделку.

Заключенный с минуту катал своего ферзя между ладонями, затем спросил:

— А не расплющит меня в этой черной дыре к едрене-фене?
— Нет. На зонд установлены надежные квантовые компенсаторы. Они уравнивают все внешние возмущения. По существу, «Вергилий» — это громадная защитная капсула.

— А почему, проф, вы не посылаете туда автоматы?

— Четыре предыдущих «Вергилия» управлялись именно автоматами. Кроме самого факта успешного погружения, больше ничего о них не известно. Главная трудность в том, что за горизонтом событий черной дыры теряют смысл все известные нам физические законы. Невозможно запрограммировать автомат при таком недоборе информации. А мозг человека, напротив, готов к принятию нестандартных решений. Отсюда же возникает ваш шанс вернуться обратно. Как я уже говорил, если общепринятая гипотеза верна, то по мере продвижения к центру Хороса вы будете встречать розеновские устья. Это входы на так называемые мосты Эйнштейна — Розена, каждый из которых ведет в определенную точку не только нашей, но и всех возможных вселенных. Главное — правильный выбор. Здесь вся надежда на вашу исключительную интуицию. Вам предстоит выбрать такую точку выхода, которая как можно ближе находится к Земле как в пространстве, так и во времени. Затем автоматически сработает маяк гиперсвязи, и мы непременно отыщем вас.

Заключенный помолчал, еще покатав-повалив своего ферзя, потом махнул рукой:

— Согласен, проф. Чем здесь заживо гнить, лучше рискнуть.

Воспоминания прервал голос штурмана:

— Интересно, когда можно ожидать возвращения «Вергилия» через этот ваш межзвездный мост?

— Мост Эйнштейна — Розена, — машинально поправил его профессор. — Время ожидания от минус бесконечности до плюс бесконечности.

— То есть? — изумился штурман.

— С нашей точки зрения, «Вергилий» и его пилот находятся в черной дыре вечно. Находились там в прошлом и будут находиться в обозримом будущем. Понятие времени исчезает в сингулярности.

Штурман присвистнул:

— Мистика какая-то. Значит, он там не стареет? Не лысеет, не толстеет? Кстати, вот уже две недели прошло, а он, по-вашему, даже не покушал?

— Он даже не успел проголодаться.

Штурман помолчал, соображая, затем сказал:

— Да, вот тебе и вечность. Никогда не понимал этого. Ну вот сидит он там целую вечность, бессмертный, как Кашей, и получается, что он в принципе знает все прошлое и все будущее. Это ж сколько информации, какие возможности... А если вдобавок он способен через эти мосты общаться с нашей вселенной, влиять на нее, то — какая власть! В древности его бы назвали Богом!

— Хм, ваше предположение не лишено зерна правдоподобия. Теоретически мостов может быть бесконечное множество, и если один из них выводит, скажем, на раннюю стадию вселенной, то любое, даже малейшее вмешательство чревато непредсказуемыми последствиями. Например, он может посылать в устья электромагнитные импульсы бортового радиопередатчика и ждать, что получится. То есть произвольно менять физические законы мироздания. Но поскольку...

Вдруг моргнул и сразу же потемнел экран. Звездолет качнулся. Взвигнула и тут же смолкла сигнализация тревоги.

— Что за... — пробормотал штурман, хватаясь за подлокотники.

И раздался голос. Даже не голос, а глас. Усиленный корабельными динамиками, он затопил помещение:

— Привет, проф. Благодарю за удачную мысль. Только вы ошибаетесь, не Бог, совсем нет... Скорее тот, кто по ту сторону. Внимание, я начинаю!

Экран высветился, снова возникло космическое пространство, и профессор с ужасом наблюдал, как звезды, газовые облака, дальние галактики поползли со своих мест, начали странным образом сворачиваться, уплотняться, пока не образовали гигантскую фигуру — шахматного ферзя красного цвета.



Чума бронзового века

Сергей Ястребов

Вышедшее в начале этого лета исследование древней ДНК показало, что 3800 лет назад жители нынешней Самарской области уже болели бубонной чумой. Раньше предполагалось, что ген, позволяющий чуме переходить в бубонную форму, появился только в конце I тысячелетия до нашей эры. Теперь эта дата отодвинута как минимум на тысячу лет назад. Поговорим о том, почему это важно.

Потом часть населения получила даром плетеную мебель, а часть — бубонную чуму.

Курт Воннегут.
Колыбель для кошки

«На вопрос — кто прогрессивнее: чумная бацилла или человек — до сих пор нет убедительного ответа», — говорил классик эволюционной биологии Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский. Великий ученый любил афоризмы и, надо полагать, предложил такое сравнение просто ради наглядности. Но почему бы не подумать над ним всерьез?

Конечно, бацилла устроена гораздо проще человека (это придется признать

при любом разумном понимании простоты и сложности). Но вот если считать критерием прогресса эволюционный успех, ситуация сразу утратит однозначность. Чумная бацилла — эволюционно молодой вид, на протяжении всей своей короткой истории последовательно распространявшийся по земному шару (чтобы оценить это, достаточно взглянуть на современную карту природных очагов чумы: большие красные пятна, которые их обозначают, есть на всех континентах, кроме Австралии и Антарктиды). Этот вид многочислен, и в обозримом будущем ему не грозит гибель, несмотря на все человеческие усилия — задачу полного уничтожения чумы современная медицина даже не берется ставить. А из истории мы все отлично знаем, что чумная бацилла тысячелетиями использовала популяции человека как источник питания, временами нанося им

*Триумф смерти (около 1562 года).
Питер Брейгель Старший*

страшный урон. Сейчас это пресечено благодаря антибиотикам и продуманным глобальным эпидемиологическим мерам. Но сама по себе чумная бацилла продолжает процветать — у нее ведь есть и другие хозяева, кроме человека.

Более того, судьбы чумной бациллы и человечества связаны гораздо причудливее, чем может показаться на первый взгляд. В последние годы с помощью методов современной биологии этот клубок взаимоотношений удастся по-немного распутать.

Естественная история чумы

На вопрос, откуда вообще взялась чума, сейчас можно ответить точно — по крайней мере, на том уровне, который допускают микробиология и молекулярная филогенетика. Так называемая чумная бацилла *Yersinia pestis* — прямой потомок псевдотуберкулезной палочки *Yersinia pseudotuberculosis*, гораздо более древней бактерии, которая обычно живет в почве или в разлагающейся

Статья представляет собой переработанный и расширенный вариант материала, опубликованного на сайте «Элементы» (http://elementy.ru/novosti_nauki/433309/).

органике, но в качестве «дополнительной опции» может иногда вторгаться в организм животных. У человека эта палочка вызывает псевдотуберкулез, иначе называемый дальневосточной скарлатиноподобной лихорадкой, болезнь далеко не смертельную и малозаразную (заражаются ею обычно через пищу или воду, но не от других людей и не от животных).

Молекулярно-филогенетические исследования быстро опровергли гипотезу об огромной древности чумы, измеряемой десятками миллионов лет. На самом деле происхождение чумной бациллы от псевдотуберкулезной палочки — событие, случившееся едва ли больше 20 000 лет назад («Proceedings of the National Academy of Sciences», 1999, doi: 10.1073/pnas.96.24.14043). Это означает, что чумная бацилла в несколько раз моложе нашего собственного биологического вида — человека разумного. Хорошо известно, что 20 000 лет назад анатомически современные люди уже успели заселить не только Старый Свет, но и Австралию. И только после этого внезапно произошла трансформация, превратившая относительно безобидную псевдотуберкулезную палочку в страшного возбудителя чумы.

Биологи знают, что переход к паразитизму, как правило, сопровождается упрощением организма. Так обстоит дело и у животных, и у растений, и у бактерий. Превращаясь в чумную бациллу, псевдотуберкулезная палочка потеряла примерно 10% своего генома, в том числе гены, обеспечивающие многие биохимические процессы и сборку жгутиков («Nature Reviews Microbiology», 2016, doi: 10.1038/nrmicro.2015.29). Последнее понятно: в отличие от многих других микроорганизмов, чумной бацилле подвижность не нужна. А отказавшись вместе с генами от способности самостоятельно синтезировать ряд полезных веществ, бацилла утратила экологическую гибкость — теперь ей просто-напросто ничего не осталось, кроме как осваивать роль глубоко специализированного паразита, умеющего получать эти вещества в готовом виде от хозяина. Неудивительно, что результат оказался впечатляющим.

Став на этот путь, чумная бацилла приобрела несколько генетических особенностей, которых нет у псевдотуберкулезной палочки и ни у каких других представителей рода *Yersinia*. У нее появились две плазмиды, кодирующие особые белки — факторы вирулентности. Про один из этих факторов известно, что он, воздействуя на синтез и разрушение определенных структурных белков хозяина, облегчает проникновение чумной бациллы в легкие («Nature Communications», 2015, doi: 10.1038/ncomms8487). Именно так возникает крайне опасная форма чумы — легочная.

Однако в целом человека гораздо чаще поражает бубонная чума. В отличие от легочной, она воздушно-капельным путем не передается. Механизм развития этой формы чумы тоже связан с белком, который чумная бацилла приобрела в составе плазмиды. Он называется Ymt (*Yersinia murine toxin*, «мышинный токсин йерсинии»). Вопреки названию, белок Ymt ответствен не столько за действие на крыс и других млекопитающих, сколько за события, происходящие в организме промежуточного хозяина инфекции — блохи («Science», 2002, doi: 10.1126/science.1069972). Этот белок модифицирует клеточную мембрану бактерии, способствуя ее выживанию в блошиной пищеварительной системе и особенно — размножению в блошином преджелудке (так называется расширение пищевода перед входом в среднюю кишку). Размножаясь внутри блохи, чумные бациллы образуют студенистые пленки, которые вскоре забивают преджелудок компактной массой, лишая блоху возможности питаться. Образуется так называемый чумной блок.

Именно на образовании чумного блока основана уникальная естественная технология возбудителя чумы, сделавшего блох своими невероятно эффективными переносчиками. Пытаясь насытиться, «блокированная» блоха активно кусает оказавшихся на пути млекопитающих (пока не умрет от истощения). При этом она прокачивает их кровь сквозь свой преджелудок туда-обратно — и возвращает ее в кровяное русло вместе с чумными бациллами, которыми преджелудок забит. В результате жертва получает бубонную чуму (бубоном называется воспаленный лимфоузел, куда бациллы попадают через кровь).

Не будем забывать, что чума поражает отнюдь не только человека. Судя по всему, чумная бацилла потенциально способна использовать как питательную среду практически любое млекопитающее. Во всяком случае, среди ее зафиксированных жертв — не только грызуны и зайцеобразные, о которых это широко известно, но и хищники, парнокопытные, насекомоядные, дамы, сумчатые («Annual Review of Entomology», 2005, doi: 10.1146/annurev.ento.50.071803.130337). Именно поэтому чума — когда ей дают возможность распространиться по миру — легко образует новые природные очаги, находя себе хозяев из числа разнообразных зверей, никогда раньше чумой не болевших. Таких недавно возникших природных очагов чумы предостаточно, например в Северной и Южной Америках, куда чума проникла только на рубеже XIX и XX веков, в эпоху так называемой третьей пандемии.

При всем этом чума, которой болеют люди, вызывает у ученых разных специальностей совершенно особый интерес.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

И не только по очевидным практическим причинам, но и потому, что чума — пожалуй, в большей степени, чем любая другая инфекционная болезнь — была важным фактором, не раз менявшим ход истории. О легендарной «черной смерти» середины XIV века это хорошо известно. Приведем и другой пример: весьма вероятно, что именно демографическая катастрофа, вызванная первой пандемией чумы, стала главной причиной провала планов императора Юстиниана Великого, который в середине VI века попытался восстановить Римскую империю в прежних границах (см. Э. Люттвак. Стратегия Византийской империи. М., 2010). Если бы не чума, знаменитая «юстинианова реконкиста» могла бы завершиться гораздо большим успехом, чем в осуществившейся реальности. И тогда история Европы была бы совсем другой.

Но когда же люди начали болеть чумой?

Свидетельства чумных могил

В распоряжении историков конечно же имеется великое множество летописных и литературных свидетельств о вспышках чумы. Однако критический подход к источникам часто заставлял вдумчивых исследователей задаваться вопросом: чума это — или какая-то другая болезнь, совпадающая с ней отдельными симптомами? Такие сомнения высказывались даже в отношении пресловутой «черной смерти» XIV века (вторая пандемия чумы). Окончательно решить проблему могла только биология.

В самом конце XX века группа французских биологов, в которую входил знаменитый микробиолог и вирусолог Дидье Рауль, всерьез озадачилась проверкой «ретроспективного диагноза» чумы («Microbes and Infection», 2002, doi: 10.1016/S1286-4579(01)01515-5). Французы рассуждали следующим образом. К моменту, когда человек умирает от чумы, эта болезнь чаще всего успевает перейти в септическую форму, когда кровь заполняется огромным количеством чумных бацилл. В таком случае все ткани, богатые кровеносными сосудами,

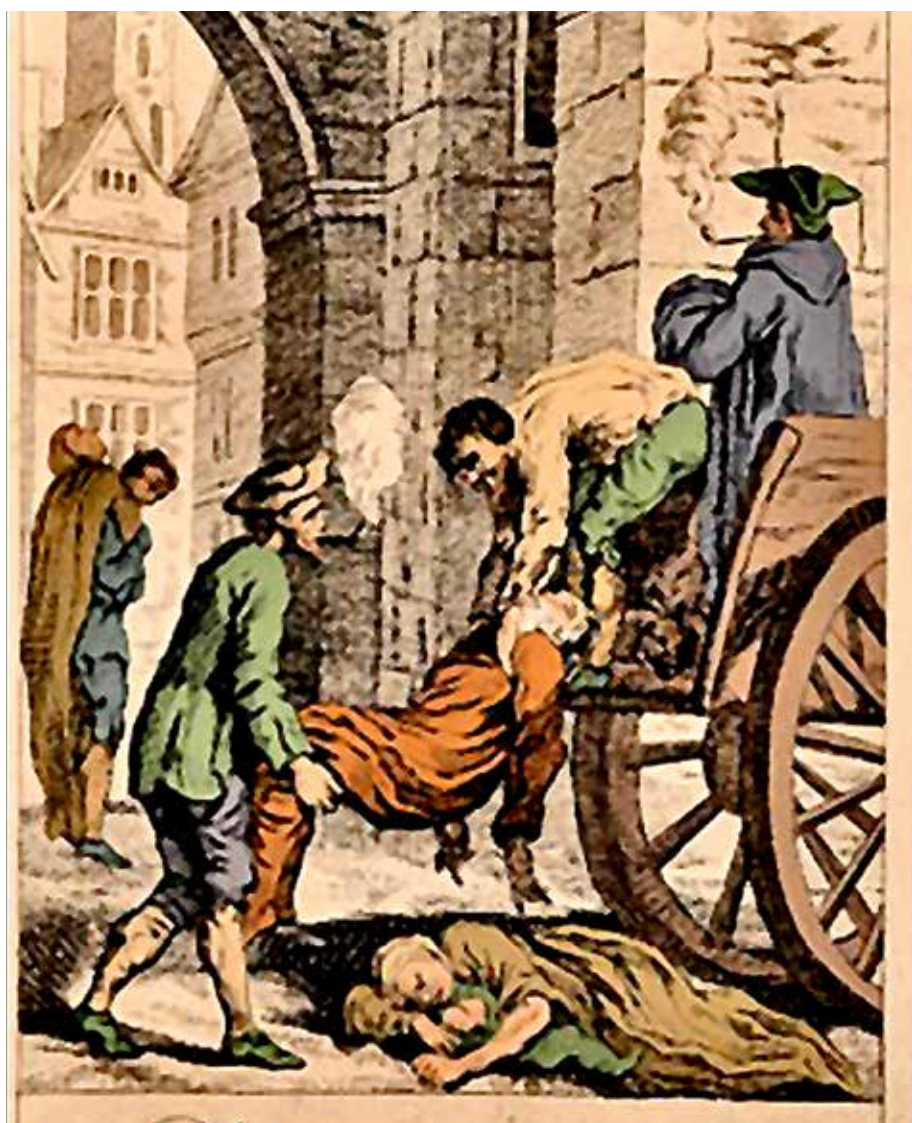
должны быть одновременно богаты и чумными бациллами тоже. В число этих тканей входит пульпа зубов — а зубы обычно прекрасно сохраняются во всевозможных захоронениях, поскольку дентин, из которого они состоят, очень прочен. Чумные могилы не составляют исключения. В пульпе зубов похороненных в них людей должны оставаться фрагменты ДНК. Вот именно там и стоит поискать генетические маркеры *Yersinia pestis*. Если они не найдутся — это, разумеется, не докажет ничего, но если найдутся, то тем самым будет строго засвидетельствовано, что данный человек был поражен самой настоящей чумой, вызванной бациллами хорошо известного нам вида.

Этот подход отлично сработал. И для «юстиниановой чумы» (первая пандемия), и для «черной смерти» (вторая пандемия), и для ряда более поздних вспышек, например, имевших место во Франции в XVI—XVIII веках, вскоре было подтверждено, что их виновник — *Yersinia pestis* собственной персоной. Более того, эти работы дали столько новой информации о генетике чумной бациллы, что оказались очень полезными для исследования ее собственной бурной микроэволюции («The Lancet Infectious Diseases», 2014, doi: 10.1016/S1473-3099(13)70323-2).

Но как быть с эпохами, предшествующими первой пандемии чумы, которая началась в VI веке? Здесь ситуация долго оставалась туманной.

В 2015 году была опубликована статья, подписанная солидным международным коллективом, который проверил на «чумные» генетические маркеры пульпу зубов множества скелетов, найденных археологами в захоронениях неолита и бронзового века Евразии («Cell», 2015, doi: 10.1016/j.cell.2015.10.009). В нескольких случаях авторам действительно удалось найти в телах древних людей ДНК чумной бациллы. Причем эти находки имеют большого разброс как во времени — от начала III по начало I тысячелетия до нашей эры, — так и в пространстве: Алтай, Южный Урал, Эстония, Польша, Армения. Итак, в те времена и в тех местах люди чумой уже болели.

Более того, исследование ДНК древних штаммов *Yersinia pestis* принесло сюрприз. Оказалось, что у большинства из них нет гена, кодирующего белок Ymt — тот самый, который нужен для успешного размножения бациллы внутри блохи и для образования чумного блока. Этот ген был приобретен чумной бациллой в результате широко распространенного у бактерий горизонтального переноса генов, и произошло это, по-видимому, относительно недавно. Обнаружить его удалось только в самом молодом образце — в ДНК бациллы, заключенной в скелете человека, который



Чума в Лондоне. 1665 год.





Жертвы чумы в Лейдене. 1574 год

жил в Армении в X веке до нашей эры. В более ранних находках, относящихся ко II и III тысячелетиям до нашей эры, никаких следов белка Ymt (вернее, кодирующего его гена) нет. Скорее всего, это означает, что древняя чума не могла переноситься блохами — во всяком случае, таким специализированным способом, как современная бубонная чума, которая обязана своим существованием механизму распространения через чумной блох. Древняя чума не была бубонной, а только легочной; это подтверждается тем, что фактор вирулентности, нужный для развития легочной чумы, у всех древних штаммов оказался на месте.

Это не единственное отличие древней *Yersinia pestis* от современной. Известно, что для по-настоящему успешного размножения чумной бациллы в теле блохи ей надо было не только приобрести ген, кодирующий белок Ymt, но еще и отключить три ранее существовавших гена, действующих на мембранные белки («Cell Host & Microbe», 2014, doi: 10.1016/j.chom.2014.04.003). После прекращения работы этих генов бациллы начинают слипаться друг с другом, образуя разрастающиеся пленки, что, собственно, им в новых условиях и требуется. Именно в результате этих изменений образуется чумной блок. Так вот, показано, что у штамма чумной бациллы, жившего в III тысячелетии до нашей эры на Алтае, два из трех упомянутых генов еще работали. Значит, создавать чумной блок этот штамм не мог.

Но и это еще не все. Мы упоминали, что чумная бацилла отличается от своего предка — псевдотуберкулезной палочки — полным отсутствием жгутиков. Дело в том, что белки бактериальных жгутиков, оказывается, провоцируют

защитные клетки организма млекопитающих на иммунный ответ («Nature», 2001, doi: 10.1038/35074106). Поэтому такому глубоко специализированному паразиту, как чумная бацилла, жгутики не только не нужны, но и мешают. Известно, что и псевдотуберкулезная палочка при попадании в организм млекопитающего отключает экспрессию гена, кодирующего главный белок жгутиков (флагеллин). Ну а у чумной бациллы ген флагеллина вообще выведен из строя в результате мутации сдвига рамки считывания, которая губительна для функций любого гена, но именно поэтому в данном случае оказалась полезной.

Уточнение: это относится к современной чумной бацилле. А вот у чумных бацилл, живших в III тысячелетии до нашей эры, мутации сдвига рамки в гене флагеллина еще не было и жгутиковая система, хотя и будучи уже бесполезной, сохраняла (по-видимому) частичную работоспособность. Это эволюционно архаичный признак.

Итак, люди болели чумой с давних времен, однако не всегда. И возбудитель болезни на протяжении человеческой истории менялся. В эпоху расцвета Древнего Шумера чума была в основном легочной. Такая форма чумы стремительно передается от человека к человеку и за считанные сутки убивает всех заболевших (первые выделенные появились только после изобретения антибиотиков). Но как раз эта чрезвычайная смертоносность не дает чуме непрерывно циркулировать в человеческих популяциях. Микроб, который мгновенно убивает всех попавших в зону заражения, лишает себя питательной среды, и вспышка инфекции затухает.

Возникновение бубонной чумы с ее «ноу-хау» передачи посредством чумного блока серьезно изменило ситуацию:

теперь чума получила возможность легко перекидываться на человека с других млекопитающих (причем разных), популяции которых могут служить для нее устойчивыми резервуарами. Все великие пандемии чумы были вызваны именно распространением ее бубонной формы. Окончательно искоренить бубонную чуму не могут даже в США: какой бы мощной ни была система здравоохранения этой страны, она неспособна предотвратить эпизодическое (несколько случаев в год) заражение людей от грызунов, среди которых на западе Северной Америки постоянно «тлеют» природные очаги.

Ради вящей точности отметим, что некоторые американцы, пострадавшие от чумы, получили ее не напрямую от грызунов, а от домашних кошек, которые тоже болеют чумой, подхватывая ее от диких животных. А один биолог в штате Аризона вообще заразился чумой от дикой пумы. Здесь напоминает о себе важное преимущество чумной бациллы: ее крайняя неспецифичность, позволяющая легко менять хозяев. А механизм чумного блока — это уловка, помогающая ей буквально перепрыгивать с одного хозяина на другого.

Все эти научные данные выглядят интересными не только с практической стороны — до уничтожения чумы еще далеко! — но и с мировоззренческой точки зрения, ибо они могут помочь развять некоторые старые предассудки. Поясним эту мысль примером из литературы. Герой известного рассказа Хорхе Луиса Борхеса «Письмена Бога» ищет в природе вечную магическую формулу, которая должна дойти до самых отдаленных поколений и которую никакая случайность не сможет исказить. Он понимает, что настолько неизменных вещей на свете очень мало: «Горы с течением времени рассыпаются в прах, реки меняют свои русла, на империи обрушиваются превратности и катастрофы, да и рисунок звезд не всегда одинаков. Даже небосводу ведомы перемены...» Поиск более стойких, менее уязвимых средств записи приводит персонажа к мыслям о преемственности поколений в живой природе, и он читает письма Бога, раз и навсегда запечатленные в виде рисунка пятен на шкуре ягуара.

Мысль Борхеса, как обычно, многогранна. Сейчас нас интересует только одно отмеченное им в этом рассказе явление, а именно — связанное с краткостью человеческой жизни представление о неизменности окружающей живой природы. Это наивное представление интуитивно близко человеку, а идея, что все вокруг эволюционирует, наоборот, контринтуитивна (именно поэтому даже грамотные люди часто говорят что-то вроде «ну эволюцию же никто непосредственно не наблюдал»). Человеку свой-

ственно невольно рассматривать живую природу как нечто данное раз и навсегда, доставшееся людям в наследство и готовое пережить их, сохраняя вечное постоянство. История чумной бациллы как нельзя лучше показывает ложность этой иллюзии. Чума отнюдь не пришла из неведомых глубин человеческого прошлого. Она возникла, когда человек разумный уже заселил большую часть Земли, и продолжает эволюционировать на наших глазах, со скоростью, вполне сопоставимой со скоростями многих исторических процессов.

Нетолерантная бацилла

Интересное дополнительное свидетельство этой эволюции подарил исследователям белок Pla — уже упоминавшийся фактор вирулентности, который обеспечивает проникновение чумной бациллы в легкие.

Сам по себе ген, кодирующий этот белок, появился у *Yersinia pestis* давно — вероятно, он был уже у общего предка всех известных популяций этого вида. Однако генетические данные показывают, что у древних и современных чумных бацилл белок Pla не является абсолютно одинаковым. В определенной точке молекулы этого белка, где у некоторых архаичных популяций бациллы находится аминокислота изолейцин, у более молодых популяций (включая почти все современные) оказалась другая аминокислота — треонин. Экспериментально показано, что замена изолейцина на треонин повышает

эффективность биохимических функций белка Pla (Nature Communications, 2015, doi: 10.1038/ncomms8487). Эта замена — результат мутации, которая появилась и была подхвачена естественным отбором во II тысячелетии до нашей эры, сделав чумную бациллу более вирулентной. Штаммы с изолейцином (менее вирулентные) после этого в основном вымерли. Все великие эпидемии чумы были вызваны именно «треониновыми» штаммами ее возбудителя.

Что касается архаичных «изолейциновых» штаммов, то они по сей день продолжают существовать в природных очагах в глубине Евразии — в некоторых областях Китая, а также в степных окрестностях Каспийского моря. Где-то в этих пределах, очевидно, и находится древняя географическая родина чумы.

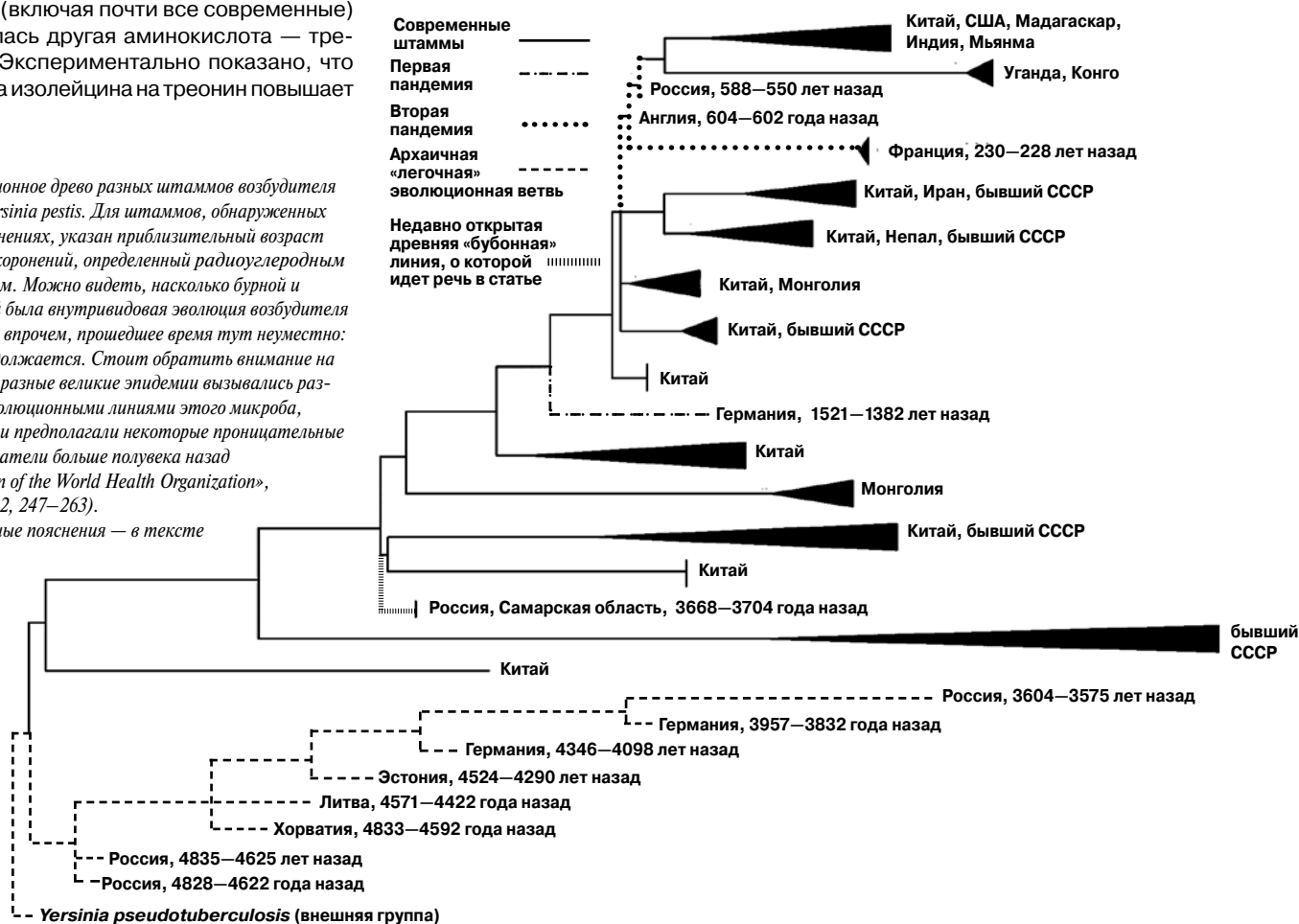
История аминокислотных замен в белке Pla — казалось бы, сугубо частная вещь, интересная только микробиологам, — на самом деле дает нам важный урок. Существует распространенное мнение, что при долгой совместной истории хозяина и паразита их взаимоотношения становятся толерантными: паразит адаптируется к хозяину таким образом, чтобы давать возможность выжить значительному числу заболевших, — ведь иначе он и сам исчезнет с лица Земли. К сожалению, в общем

случае это неверно. Люди, которые так рассуждают, делают ошибку, в чем-то схожую со знаменитой ошибкой игрока. Как брошенная монета «не знает», орлом или решкой она повернулась при предыдущем броске, так и паразитический организм «не знает», хорошо или плохо хозяину от его активности. Ему это абсолютно безразлично. Эволюция паразита регулируется эффективностью его собственного размножения; собственного, а вовсе не хозяйского. Конечно, может оказаться, что скорость размножения паразита повышается с уменьшением ущерба, наносимого благополучию хозяина, и тогда этот ущерб под давлением отбора постепенно минимизируется. Но может быть и наоборот. Никаких фундаментальных запретов тут нет.

Чумная бацилла — универсальный паразит млекопитающих. Она не привязана к единственному хозяину, от процветания которого жестко зависит; напротив, ее стратегия заключается в маневрировании между множеством разных хозяев. Вероятно, поэтому естественный отбор у нее пошел не в сторону уменьшения вреда, наносимого организму человека, а в сторону совершенствования способов «взлома» этого организма, чтобы как можно эффективнее превратить его в питательную среду. Вот мы и видим, что вирулентность чумной бациллы (по

1
Эволюционное древо разных штаммов возбудителя чумы *Yersinia pestis*. Для штаммов, обнаруженных в захоронениях, указан приблизительный возраст этих захоронений, определенный радиоуглеродным методом. Можно видеть, насколько бурной и сложной была внутривидовая эволюция возбудителя чумы, — впрочем, прошедшее время тут неуместно: она продолжается. Стоит обратить внимание на то, что разные великие эпидемии вызывались разными эволюционными линиями этого микроба, как это и предполагали некоторые проницательные исследователи больше полувека назад («Bulletin of the World Health Organization», 1951, 4, 2, 247–263).

Остальные пояснения — в тексте



крайней мере, в отношении человека) в ходе ее эволюции повышается. А история белка Pla это документирует.

Блохам, правда, пришлось еще хуже: если бубонная чума все же оставляет заболевшему человеку хотя бы какой-то шанс выжить, то механизм чумного блока по самой своей технологии неизбежно убивает насекомое-переносчика, лишая его возможности питаться. И процветать чумной бацилле это не мешает.

Лошадь, колесо, язык... и чума

Совсем недавно, в июне 2018 года, вышла еще одна статья, подписанная большой группой германских, российских, китайских и швейцарских исследователей и тоже посвященная древним штаммам возбудителя чумы («Nature Communications», 2018, doi: 10.1038/s41467-018-04550-9). Авторам удалось обнаружить ДНК чумной бациллы в зубах нескольких древних людей из курганных захоронений в Самарской области, возраст которых — примерно 3800 лет, или 1800 лет до нашей эры.

По меньшей мере в одном случае (в останках одного древнего мужчины) геном *Yersinia pestis* сохранился достаточно хорошо, чтобы исследователи смогли провести анализ факторов вирулентности. Результаты оказались неожиданными. Чумная бацилла, поражающая жителей окрестностей Самарской Излучины, уже 3800 лет назад — иными словами, в начале II тысячелетия до нашей эры — обладала функциональным белком Ymt (о котором много говорилось выше). А все три гена, с прекращением работы которых связано образование чумного блока, у нее были неактивны. Значит, эта бацилла уже была полноценным возбудителем бубонной чумы, обладавшим — насколько можно судить — полным набором инструментов для ее специфической передачи. Правда, белок

Pla у этой бациллы представлен архаичным «изолейциновым» вариантом, что и неудивительно для таких древних образцов. Тем не менее бубонную чуму она, судя по всему, успешно вызывала.

Таким образом, на самом деле бубонная чума появилась по меньшей мере на тысячелетие раньше, чем можно было думать, исходя из статьи 2015 года. Значит ли это, что новая статья опровергла данные, приведенные в прежней? Нет. Они могут быть верны одновременно. Вполне вероятно, что разные линии возбудителя чумы (и «бубонные», и более архаичные «легочные») какое-то время сосуществовали в разных областях Евразии. Это подтверждается данными, согласно которым большинство возбудителей чумы, поражавших людей в неолите и бронзовом веке, относились к единой — ныне вымершей — внутривидовой эволюционной ветви («Current Biology», 2017, doi: 10.1016/j.cub.2017.10.025). Эта древняя эволюционная ветвь была «легочной». В дальнейшем ее вытеснила более молодая «бубонная» ветвь, первые следы которой сейчас нашлись в самарских могилах.

А что это, собственно говоря, за могилы? С археологической точки зрения они относятся к срубной культуре, которая была распространена во II тысячелетии до нашей эры на степных и лесостепных пространствах между Днепром и Уралом, в том числе и в Поволжье. По современным представлениям, срубная культура — несомненно индоевропейская, скорее всего родственная ираноязычным народам (D. Anthony. *The horse, the wheel, and language: how bronze-age riders from the Eurasian Steppes shaped the modern world*. Princeton University Press, 2007). Чтобы получить более полную картину, исследователи подвергли анализу не только ДНК чумной бациллы, заключенной в человеческих скелетах, но и ДНК самих людей, которым эти скелеты принадлежали. Можно предположить, что древние индоевропейцы, которые во II тысячелетии до нашей эры активно расселялись по Евразии и которых, несомненно, тоже кусали



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

блохи, оказались для штамма бубонной чумы исключительно удачными «попутчиками». Однако связь эволюции чумы с историей индоевропейских и иных народов — это проблема, которая сейчас только-только намечается.

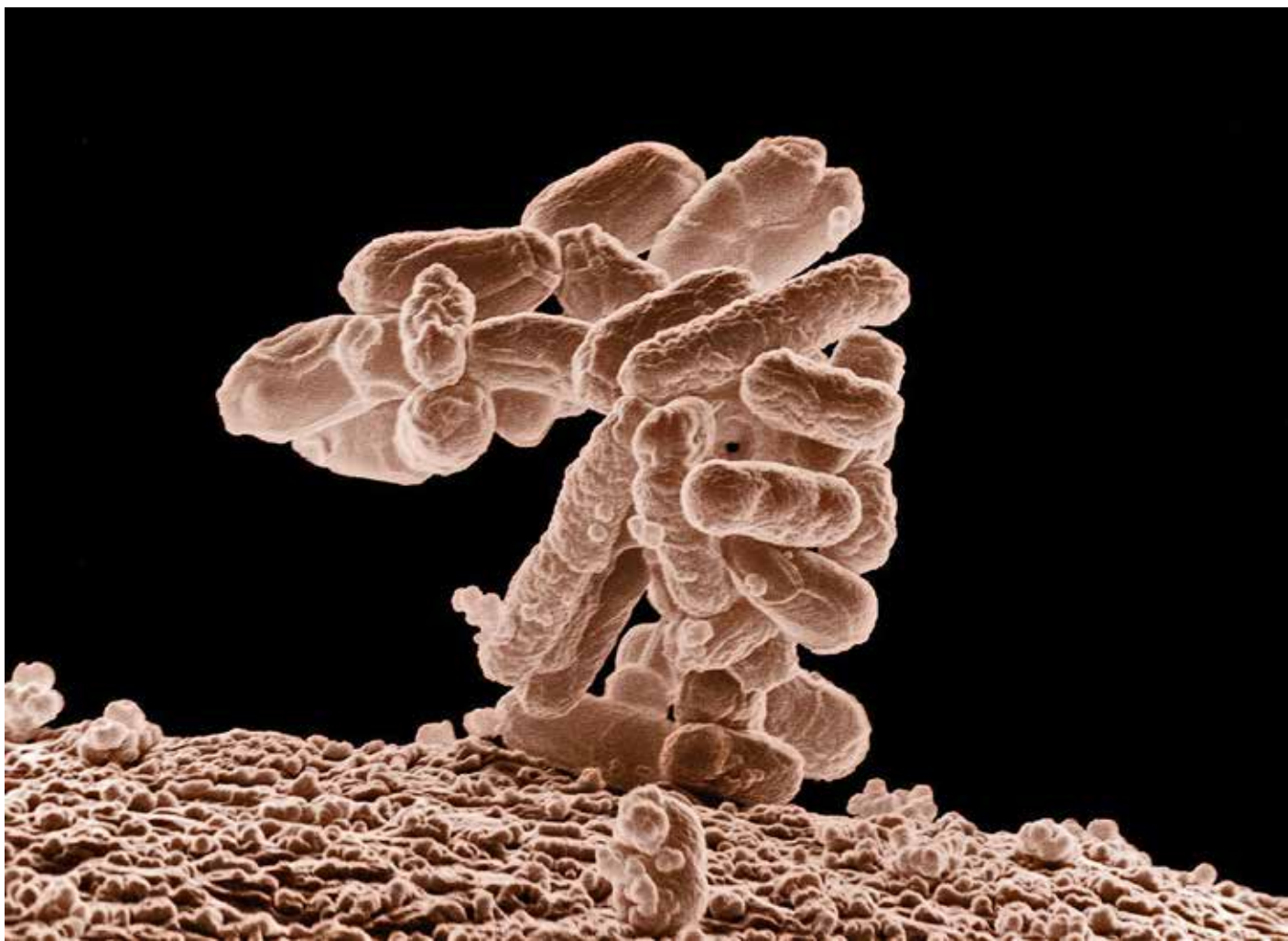
В любом случае бронзовый век был временем активных миграций и устанавливающихся торговых связей, которые сильно повысили мобильность людей внутри Евразии (это подтверждается как археологическими, так и генетическими данными). Образовавшееся единое пространство оказалось прекрасной средой не только для роста цивилизаций, но и для распространения инфекций. Авторы обсуждаемой статьи указывают, что похожая ситуация возникла в XIV веке нашей эры, когда — во многом благодаря существованию Монгольской империи — географическое пространство Евразии стало мирным и единым, каким почти никогда не бывало в предыдущие века, и пересекавшие это пространство торговые пути послужили отличными проводниками «черной смерти» — второй пандемии чумы.

Чума — важнейший, хотя и страшный, эволюционный спутник человека. Эволюция чумного микроба и история человечества сложным образом переплелись, породив многогранный комплекс явлений, в которых современная наука, по сути, только начинает разбираться. Чума влияла на человека (например, через социальные последствия великих пандемий), но и человек влиял на чуму: с одной стороны, он научился ее лечить, с другой же, невольно помог ей распространиться на новую часть света — Америку (см. статью Б. Жукова «Царица грозная чума», «Вокруг света», 2008, 7). Человек и чума — хороший пример комплексной проблемы, для раскрытия всех сторон которой могут пригодиться методы самых разных наук: молекулярной филогенетики, микробиологии, патофизиологии, зоологии, археологии и даже лингвистики. Особенно это касается древних событий, изучать которые трудно, но все же возможно. Успехи, достигнутые в этой области за последние годы (2015—2018), показывают, что тема эта — многообещающая.

2

Расположение курганного могильника Михайловский II в Самарской области (а) и найденные там скелеты, послужившие объектом исследования (б)





Лекарственный фон планеты

Кандидат биологических наук
Н.Л. Резник

История с пиявками

Укус — это всегда неприятно, особенно если в рану попадет инфекция. А такое случается даже при укусе медицинской пиявки, и гирудотерапевты прекрасно об этом знают. По мнению отечественных специалистов, ранка воспаляется при неправильном уходе, если ее расчесывают или заносят грязь. В западных клиниках источником инфекции считают бактерии, населяющие кишечник медицинской пиявки. Симбионтов у нее мало, один из них принадлежит к роду *Aeromonas*, включающему и патогенные для человека виды. Для профилактики

заражения пациентам дают антибиотики, в том числе цiproфлоксацин (Цп).

Все шло хорошо до 2011 года, когда из косметологических клиник США, Канады и Франции стали поступать сообщения о штаммах *Aeromonas*, устойчивых к антибиотику. Медицинских пиявок используют в пластической хирургии, чтобы улучшить кровоснабжение пересаженных кожно-мышечных лоскутов, и семь пациентов пострадали после гирудотерапии, несмотря на антибиотики, — им в ранки попала инфекция.

Эти случаи, крайне неприятные сами по себе, озадачили специалистов, которые не могли понять, где бактерии могли обрести устойчивость к цiproфлоксацину? Времена дуремаров прошли, пиявок больше не вылавливают в прудах, а разводят на специальных фермах, в контролируемых условиях, и антибиотиков им не дают. С фермы

пиявки поступают в клинику, там дожидаются своей очереди в аквариумах с чистой водой. Используют их только один раз. Кишечным *Aeromonas* просто негде контактировать с Цп, и антибиотик должен был их убить. Проблемой заинтересовалась группа исследователей под руководством профессора Коннектикутского университета Йорга Графа, специалиста по микрофлоре пиявочного кишечника («mBio», 2018, doi: 10.1128/mBio.01328-18 24).

Научной общественности они сообщили две новости: плохую и хорошую. Хорошая заключается в том, что пиявки ни при чем, их кишечные симбионты не виноваты в заражении пациентов. Анализ ДНК 32 клонов бактерий, взятых из кишечника и с мест укуса, показал, что в пиявках обитают преимущественно *Aeromonas veronii*, а в ранках размножается другой вид,

A. hydrophila, который в кишечнике приживается плохо, потому что предпочитает водную среду, а не кровь. Два вида *Aeromonas* очень похожи, биохимическими методами, которые использовали клиницисты, их различить нельзя, потому и возникло недоразумение. Источником инфекции, скорее всего, стали аквариумы, где держат пиявок. *A. hydrophila* размножились там, налипли на покровы червей и попали в организм пациентов как внутрибольничная инфекция.

А теперь плохая новость, даже две. Оба вида аэромонад оказались устойчивы к Цп, и этот препарат в следовых количествах обнаружили в пищеварительном тракте пиявок. А это значит, что мир загрязнен антибиотиками сильнее, чем мы думали, и резистентность к ним может развиваться даже при очень низкой концентрации.

В кишечнике пиявок, помимо ципрофлоксацина, нашли его ветеринарный аналог энрофлоксацин. Фермеры кормят пиявок кровью домашней птицы (кровь крупного рогатого скота не используют после вспышки коровьего бешенства), а курам для профилактики заболеваний и лучшего роста дают антибиотики. Из их крови препараты попадают в кишечник пиявок.

Есть такой показатель — минимальная ингибирующая концентрация (МИК). Это минимальная концентрация антибиотика, при которой бактерии полностью прекращают рост. Для аэромонад МИК ципрофлоксацина и энрофлоксацина равна 4 микрограммам на миллилитр (мкг/мл); концентрация антибио-

тиков в кишечнике пиявок варьировала от 0,01 до 0,04 мкг/мл, то есть на два порядка меньше МИК.

Ципрофлоксацин подавляет активность бактериального фермента ДНК-гиразы, необходимой для нормального синтеза ДНК, роста и деления бактерий. Устойчивость к антибиотику вызывают мутации в гене ДНК-гиразы *gyrA*, и такие мутации профессор Граф и его сотрудники обнаружили в геномах обоих видов *Aeromonas*, причем 80% мутантов приходится на долю кишечных симбионтов *A. veronii*.

Поскольку мутация *gyrA* мешает работе жизненно важного фермента, в обычных условиях устойчивые штаммы должны размножаться очень плохо и только в присутствии антибиотика получать селективное преимущество. При концентрациях меньше МИК будут преобладать чувствительные бактерии.

И действительно, в чашках с питательной средой без антибиотика или при концентрациях Цп 0,0025 или 0,007 мкг/мл устойчивые штаммы *A. hydrophila* растут в 100 тысяч раз медленнее чувствительных, а мутанты *A. veronii* — в 100 — 1000 раз медленнее. Однако уже при концентрации всего 0,01 мкг/мл мутанты получают преимущество над обычными штаммами, превосходя по численности обычных бактерий в миллион раз. Сходная картина наблюдается и в естественных условиях: даже следовые концентрации антибиотика в пищеварительном тракте пиявок благоприятствуют росту устойчивых к Цп мутантов. Так не должно быть, но это так!

Устойчивые штаммы *A. veronii* появились несколько лет назад и уверенно теснят чувствительных. Мутанты не идентичны, но очень похожи, и условия



ЗДОРОВЬЕ

содержания пиявок позволяют бактериям поддерживать устойчивость.

Полет антибиотиков

История с пиявками показывает, что даже фоновые концентрации антибиотика могут быть опасны. А ведь они везде, ими загрязнены почва, вода и воздух. Во внешнюю среду антибиотики попадают разными путями. Вот, например, фторохинолоны, к которым относятся ципрофлоксацин и энрофлоксацин. Значительная их часть не метаболизируется в организме и выходит наружу в неизменном виде. Они попадают в канализацию, сточные воды фармацевтических фабрик и больниц. Концентрация фторохинолонов в реках достигает 0,0059 мкг/мл; в больничных сточных водах — 0,021 мкг/мл, а согласно другим данным, аж 6 мкг/мл; в стоках фармацевтических предприятий уровень Цп колеблется от 28 до 31 мкг/мл. Вот где отличный отбор на устойчивость!

И все-таки основной источник лекарственного загрязнения — сельское хозяйство. Около 70% всех антибиотиков применяют именно там. Их используют не только как лекарство и профилактическое средство, но и в качестве кормовых добавок, чтобы животные росли быстрее. Антибиотики добавляют в аквакультуры. В результате устойчивых к антибиотикам штаммов бактерий становится все больше. Недавно резистентность обрели кампилобактерии, возбудители диареи. Они заражали мясо цыплят, которых пичкали фторохинолонами, и приобрели к нему устойчивость.

Концентрация фторохинолонов в сточных водах животноводческих ферм достигает 0,0075 мкг/мл; в навозе — 19 мкг/г. Не следует забывать и про пыль. Это обычное явление в засушливых скотоводческих районах. Недавно специалисты Техасского технологического университета поинтересовались составом пыли, которую ветер поднимает на откормочных площадках («Environmental Health Perspectives», 2015, doi: 10.1289/ehp.1408555). Это место,

1
Современные откормочные площадки рассчитаны на тысячи животных, и каждое поднимает до 100 г пыли в день



где животные под открытым небом не пасутся, а едят из кормушек (рис. 1). На частицах пыли, летящей с десяти площадок, исследователи обнаружили пять антибиотиков, концентрация которых варьировала от 0,5 до 4,6 мкг на грамм пыли. В большинстве проб присутствуют тетрациклиновые антибиотики — тетрациклин, хлортетрациклин и окситетрациклин; иногда встречаются монензин и тилозин — это антибиотики и ускоряющие рост кормовые добавки.

На пылевые частицы налипли и бактерии, в том числе патогенные для человека: коринебактерии (возбудители дифтерии), лептоспиры, клостридии, бактероиды и стафилококки. Выделив из этого сообщества ДНК, исследователи идентифицировали шесть последовательностей, которые обеспечивают устойчивость бактерий к тетрациклину, частота встречаемости этих генов не зависит от концентрации антибиотиков.

Мельчайшие частицы пыли диаметром несколько микрометров улетают примерно на 3,5 км. Судьба перенесенных ими антибиотиков различна. Тетрациклин сохраняется в почве от 30 до 180 дней, в воде — 15–30 дней. Монензин остается активным более 70 дней, тилозин деградирует всего за 30.

Известны случаи, когда пыль переносила микроорганизмы на огромные расстояния («EcoHealth», 2004, doi: 10.1007/s10393-004-0120-8). Длительные наблюдения за вспышками бактериального менингита в Бенине (Западная Африка) показали, что они связаны с пыльными бурями в Сахаре. Случаи межконтинентального переноса патогенов пока не описаны, но пыль однажды перелетела из Африки во Флориду, а между ними более 6,5 тысячи км (рис. 2). Пыль из Мали достигала Карибских островов.

Большая устойчивость при слабом отборе

Непросто найти на планете место, свободное от антибиотиков, и, хотя их концентрация существенно меньше МИК, этого вполне достаточно для появления бактерий, обладающих сильной устойчивостью. Причем механизмы возникновения устойчивости при низких и высоких концентрациях различаются.

Когда бактерии оказываются в среде с концентрацией антибиотиков выше МИК (больной начал принимать лекарства), они погибают. Выжить могут лишь те, у которых уже была мутация устойчивости. При концентрациях в несколько десятков или сотен раз ниже МИК ситуация иная. Бактерии в таких условиях продолжают расти, потому что антибиотик их не убивает, но при



Пыльная буря над западным побережьем Африки, 2 марта 2003 года

этом постепенно накапливают мутации устойчивости. Причем происходят эти мутации преимущественно в генах, которые раньше не считались типичными генами резистентности.

Специалисты Упсальского университета изучили последствия длительного пребывания кишечной сальмонеллы *Salmonella enterica* при низкой концентрации стрептомицина («Nature Communications», 2018, doi: 10.1038/s41467-018-04059-1).

Шведские ученые заставили 20 линий сальмонеллы прожить 900 поколений при концентрации стрептомицина 1 мкг/мл, в четыре раза меньшей, чем МИК. Такая низкая концентрация не убила бактерий, а лишь немного замедлила их рост. В результате отбора исследователи получили набор устойчивых к стрептомицину клонов, у которых МИК варьировала от 64 до 1024 мг/л, в зависимости от количества приобретенных мутаций. Полный набор включал пять штук.

Стрептомицин проходит через

микробную стенку и связывается со специфическими белками рибосомы, нарушая синтез белка. Одна из мутаций, приобретенных сальмонеллами, уменьшала связывание стрептомицина с рибосомой. Еще три мешали клетке поглощать аминогликозиды, а стрептомицин как раз аминогликозид. Пятая мутация активировала фермент, который модифицирует аминогликозиды. Каждая мутация обеспечивает слабую устойчивость к стрептомицину, однако их комбинация позволяет спокойно переносить высокие дозы. Чтобы накопить эти мутации, требуется время, но у бактерий оно есть, потому что при низких концентрациях антибиотика им ничто не угрожает. Мутации происходят в генах, которые ранее не считали ответственными за резистентность.

Отбор устойчивых клонов при кон-

центрации выше МИК всегда приводил к появлению лишь одной мутации *rpsL*, которая препятствует связыванию с рибосомой. При низкой концентрации антибиотика такая мутация не возникла ни разу. Если бы устойчивость к антибиотикам определяли, отыскивая в геноме бактерий известные мутации резистентности к стрептомицину, штаммы сальмонелл из Упсалы сочились бы чувствительными.

Мутации расползаются

Раз возникнув, резистентность к антибиотикам распространяется в микробном сообществе.

У пиявочных бактерий *Aeromonas*, помимо хромосомной мутации *gyrA*, есть и другие, они затрагивают репликацию ДНК и способствуют устойчивости к Цп. Некоторые из этих генов находятся на плазидах — небольших кольцевых молекулах ДНК, существующих отдельно от хромосомы. Бактерии, даже принадлежащие к разным видам, легко обмениваются плазидами, поэтому гены устойчивости могут попадать из кишечных аэромонад в больничные и наоборот.

Естественно, устойчивость к антибиотикам приобретают не только патогены, но и симбиотические бактерии кишечника и кожи, поскольку вынужденно соприкасаются с антибиотиками. Так, в больнице бактерии кишечной микрофлоры быстро становятся устойчивыми к фторохинолонам, а затем передают гены резистентности патогенам.

Еще один пример — безвредная бактерия *Macrococcus caseolyticus*, которая живет у коров на коже. В процессе доения она может попасть в молоко и продукты, изготавливаемые из сырого молока, в том числе в сыр. Специалисты Института ветеринарной бактериологии Бернского университета обнаружили, что *M. caseolyticus* из молока коров, страдавших маститом, необычайно устойчивы к антибиотикам класса бета-лактамов: пенициллину, цефалоспорино и метициллину, которыми лечат больных животных («Scientific Reports», 2017, doi: 10.1038/srep43797). Причем ген устойчивости у них новый, доселе неизвестный. Его назвали *mecD*.

Макрококки — близкие родичи стафилококков, а цефалоспорины — единственный антибиотик, который побеждает устойчивый к метициллину золотистый стафилококк. Участок хромосомы, содержащий *mecD*, может спонтанно вырезаться, образуя кольцевую молекулу, и встраиваться в хромосому золотистого стафилококка, благо оба вида обитают по соседству. *M. caseolyticus* с новым геном устойчивости обнаружили на коже собаки,

следовательно, бактерия может колонизировать разные виды животных. У человеческих бактерий ген *mecD* пока, по счастью, не встречали.

Путешествия генов резистентности между разными видами бактерий для людей опасны, даже если речь идет о ветеринарных антибиотиках, которые не используют в здравоохранении. Получив такую мутацию, человеческие патогены могут приобрести множественную лекарственную устойчивость.

До недавнего времени специалисты смотрели на проблему лекарственной устойчивости с умеренным оптимизмом. За любое полезное приобретение, полагали они, приходится платить. Мутации устойчивости к антибиотикам затрагивают жизненно важные гены. У резистентных микроорганизмов нарушены репликация ДНК, белковый синтез, транспорт продуктов метаболизма, что существенно снижает их жизнеспособность и вирулентность в чистой среде. При аккуратном использовании антибиотиков обычные штаммы будут вытеснять устойчивые, и резистентность можно будет если не победить, то загнать в определенные рамки. Увы, при ближайшем рассмотрении перспектива оказалась не такой радужной.

Вместо чистой среды приходится иметь дело с очень малыми концентрациями антибиотиков. Бактерии в таких условиях приобретают устойчивость к лекарствам и при этом прекрасно себя чувствуют.

Даже обладатели традиционных мутаций устойчивости, затрагивающих жизненно важные функции, порой не уступают в приспособленности и вирулентности своим чувствительным собратьям, а то и превосходят их («Bioessays», 2016, doi: 10.1002/bies.201500180). В их числе оказались возбудитель больничной инфекции синегнойная палочка *Pseudomonas aeruginosa*; еще один больничный патоген *Acinetobacter baumannii*, вызывающий инфекции кровотока, менингит и пневмонию, раневые и урологические инфекции; холерный вибрион *Vibrio cholerae*. Некоторые штаммы устойчивых к антибиотикам возбудителей туберкулеза и брюшного тифа оказываются более вирулентными, чем чувствительные бактерии.

Анализ ДНК показал, что мутации устойчивости, влияющие на жизнеспособность, компенсируются другими мутациями. Например, снижение активности ДНК-гиразы можно нейтрализовать повышенной активностью топоизомеразы. Такие двойные мутанты имеют повышенную приспособленность. Сальмонеллы, устойчивые к стрептомицину, быстрее дикого типа растут



ЗДОРОВЬЕ

при недостатке углеводов. Золотистый стафилококк, устойчивый к рифампицину, в организме быстрее образует биопленки.

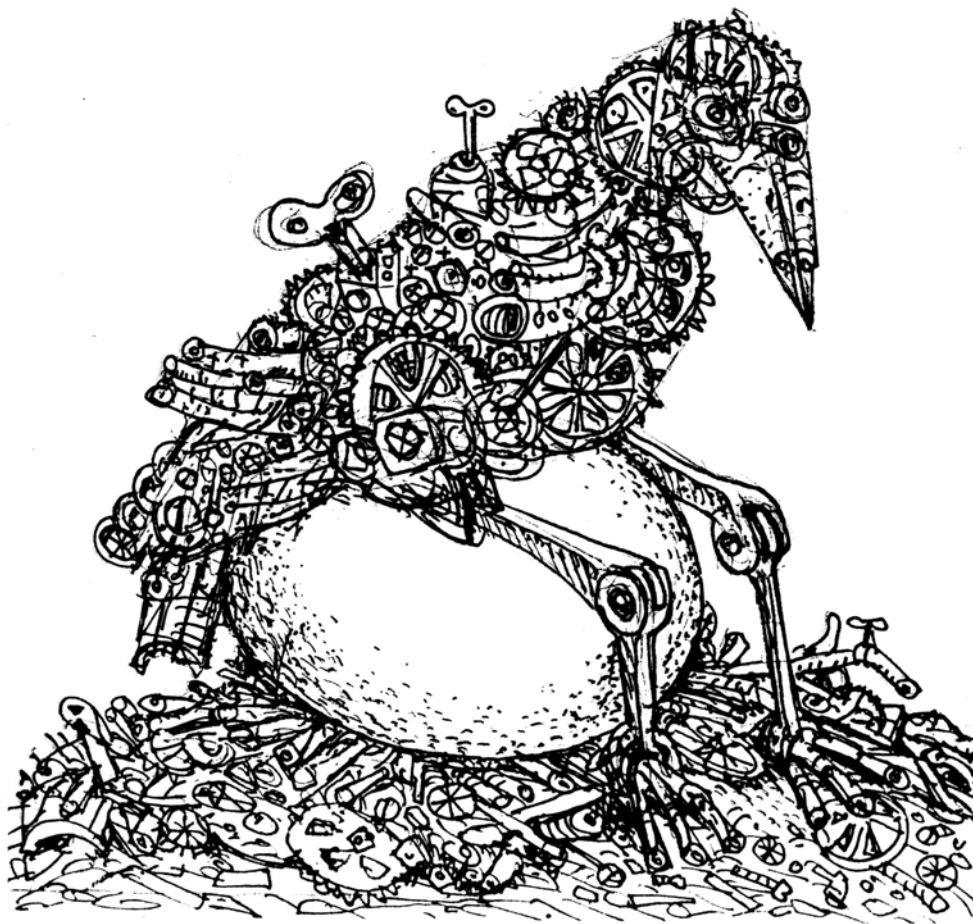
Как бороться с инфекциями, которые невосприимчивы ко многим антибиотикам и прекрасно себя чувствуют при их отсутствии? Идея использовать антибиотики как можно реже себя не оправдывает. Медики предлагают чередовать несколько антибиотиков, сходных по структуре и сайту действия. Они надеются, что такая стратегия затруднит бактериям выработку резистентности.

Можно использовать иммунотерапию, например антитела к полибета-1,6-N-ацетил-глюкозамину. Это полисахарид, необходимый многим бактериям для образования биопленок. Антитела к этому полисахариду могут уничтожить бактерии с множественной лекарственной устойчивостью.

Еще один вариант — фототерапия. Специалисты университета Цинциннати попытались таким образом уничтожить устойчивый к метициллину золотистый стафилококк. Они запатентовали гель, в состав которого входят наночастицы, покрытые фотосенсибилизатором. Под действием света он окисляется, образуя активные формы кислорода, уничтожающие бактерии. Предварительные испытания показали, что препарат очищает раны от инфекции и ускоряет их заживление, не повреждая при этом клетки кожи.

Эти и другие технологии пока испытывают на животных. А нам в ожидании результатов остается мыть руки, соблюдать гигиенические нормы и не злоупотреблять антибиотиками.





**Если вы
скачали этот
номер
журнала
Химия и
жизнь
с бесплатного
сайта,
то**

**внести посильный взнос на оплату труда
журналистов, редакторов, художников
и корректоров вы можете, оплатив один
номер или целую подписку
в нашем киоске по адресу:**

http://www.hij.ru/buy_subscribe/

**Если вам
надоело
скачивать
случайные
номера
журнала
Химия и
жизнь
с бесплатного
сайта,
то**



**с любого номера вы можете подписаться
на бумажную или электронную версию
журнала по адресу**

http://www.hij.ru/buy_subscribe/

Полоний: факты и фактики

А. Мотыляев

Откуда у нас взялся полоний? От Жоржа Абрамовича Коваля (1913—2006), которому в 2007 году присвоили звание Героя Российской Федерации. Мать Жоржа, родом из еврейского местечка под Минском, была социалисткой, ушла из отцовской семьи, работала на стекольном заводе и мечтала о своем доме. Ее жених, столяр, на родине не мог заработать много денег, поэтому уехал в США, где разбогател. Вскоре и невеста переехала к нему. Появились дети. Старший, Жорж, поступил в университет, но тут наступила Великая депрессия, и семья, привлеченная бесплатным советским образованием, вернулась на родину. Жорж окончил Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева, где занимался химией газов, но затем был приглашен на работу в разведку. Вскоре он вернулся в США. С началом войны молодого человека призвали в армию, однако отправили работать по специальности (все-таки два курса американского университета он окончил) — в Окриджскую национальную лабораторию. Да-да, законспирированный советский разведчик волею случая оказался в самом центре американского ядерного проекта. Там-то он и обратил внимание, в частности, на усилия американцев по созданию технологии получения полония. Жоржу сильно повезло — он сумел вернуться в СССР незадолго до того, как ФБР начало интересоваться им.

Зачем ядерщикам полоний? Из полония делали взрыватель (его называют инициатор реакции) для атомной бомбы. Только для этого нужен не всякий полоний, а изотоп полоний-210. Его период полураспада не мал и не велик — 138 дней, то есть поток создаваемых им частиц высок, но металл не исчезает на глазах. Излучает он только альфа-частицы, доля гамма-квантов ничтожна, а получается из него стабильный свинец-206. Следовательно, никаких неожиданных новых источников радиации не образуется. Если обернуть его оболочкой из вещества, в котором альфа-частицы вызывают превращение с эмиссией нейтронов, а такие име-

ются, получится мощный нейтронный источник. А нейтроны как раз и способны инициировать ядерную реакцию.

Однако у такого взрывателя есть важный недостаток — он достаточно быстро портится. Поэтому после первых упражнений с атомной бомбой, когда на примере Хиросимы и Нагасаки американцы продемонстрировали эффективность этого чудовищного оружия массового поражения, начались поиски других взрывателей. Они были найдены, и сейчас полоний в этом качестве не используют.

Где еще применяют полоний-210?

Создание производства таких чрезвычайно опасных материалов — дело весьма недешевое, и оно должно было окупиться. После того как полоний отыграл свою роль в создании ядерных вооружений, естественно, возникла мысль использовать его для чего-то еще. Одно очевидное применение: источники нейтронов для разного рода исследований. Другое: источники энергии, прежде всего для космических аппаратов; самый яркий пример — источник тепла для советских луноходов, который помогал аппарату сохранить работоспособность после заката Солнца. У полониевого источника есть два преимущества — самое высокое удельное теплосодержание на единицу объема и отлаженное производство практически в неограниченном количестве. Недостаток — быстрый расход: за год мощность падает на 4/5.

Однако главное использование полония сейчас — это ионизация воздуха летящими из него альфа-частицами. Одно время это свойство использовали для облегчения зажигания топлива в двигателях внутреннего сгорания: немного полония добавляли в сплав для электрода свечи зажигания и топливо вспыхивало легче. Теперь же контейнер с небольшим количеством полония применяют для устранения заряда с самых разных поверхностей — от частиц порошков до автомобилей перед покраской. Для этого выпускают ионизаторы со сменными полониевыми картриджами, сохраняющими активность в течение года. Иногда ионизатор



прикрепляют к кисточке для сметания пыли. Первую такую щетку придумали американцы из «Nuclear Products Company» (ныне скромно NRD, что означает «Nuclear Radiation Development») в 1949 году, и с тех пор эта компания остается лидером в выпуске радиоактивных антистатических устройств. Для безопасности слой полония окружен слоями меди, серебра и никеля — они не позволяют разлетаться частичкам радиоактивного металла, при этом альфа-частицы легко проходят сквозь эти слои и, соединяясь с электронами на обрабатываемой поверхности, снимают с нее заряд, сами же превращаются в атомы гелия-4 и улетают прочь.

Как создавали производство полония в СССР?

Полоний можно получать двумя способами — реакторным и ускорительным. В обоих случаях сырьем служит висмут-209, который нужно поместить под сильный поток нейтронов. Поскольку такой поток сам собой образуется в атомном реакторе, первым был использован реакторный способ. Мишень из висмута ставят в специальный канал реактора, и за несколько месяцев облучения в ней накапливается достаточно большая для извлечения порция полония. Извлечение этого чрезвычайно опасного элемента требует жестких мер безопасности. Поначалу, когда надо было быстро создавать копию американской атомной бомбы, химики взяли привычную им жидкую технологию разделения элементов: мишень растворяли, проводили химические реакции и в конце концов осаждали искомый металл на металлические подложки. Способ этот был не самым совершенным, поскольку давал большое количество жидких радиоактивных отходов. Поэтому после окончания ядерной гонки инженеры задумались над его совершенствованием и перешли на сухую технологию — извлечение полония из расплава металлов. Так, на высокоавтоматизированном производстве полоний до сих пор получают из висмутовых мишеней по технологии, созданной в НИИ-9 (позднее ВНИИ неорганических материалов им. А.А. Бочвара), под ру-



ководством доктора технических наук Е.В. Ершовой. Некоторое понятие о специфике работы с полонием можно получить из воспоминаний Ю.Г. Клубкова, опубликованный в электронной библиотеке истории Росатома (<http://elib.biblioatom.ru>). Луноход торопились запустить до полета американцев на Луну, рассказывает он, поэтому производство достаточно большого количества полония нужно было организовать очень быстро. А достаточное количество — это десятки тысяч кюри в сутки при том, что активность одного грамма полония — 4,5 кКи.

Для работы взяли уже проверенную схему; висмутовые блоки в алюминиевой оболочке проходили аппарат расчехловки, попадали в плавильник, и расплавленный висмут потоком с заданной скоростью протекал по тарелкам дистилляционной колонки, отдавая полоний, а сам оказывался в отстойнике для переработки. Полученный конденсат полония отправляли для дальнейших операций. Вся установка была герметична, и ею управляли дистанционно.

Надо было спешить, и монтаж вели без проверок, в том виде, как агрегаты поступали с завода-изготовителя. Это приводило к накладкам. При первой же попытке прогрева контура выяснилось, что вода не поступает в большинство точек охлаждения. Причина была в том, что строители заварили подающую трубу, не очистив ее от песка. При опробовании песок спокойно лежал на дне трубы, но, когда включили все

оборудование, он поднялся и засорил всю систему. Пришлось перебирать несколько сот метров трубы. Когда загрузили пробные, то есть необлученные, висмутовые блоки, на сливе из плавильника возник козел — оказалось, что это место не прогревается и металл застыл. Охлаждать и все выгружать времени не было, на дворе ночь, магазины закрыты. Начальник цеха привез из гаража две паяльные лампы, и два сотрудника забрались непосредственно под раскаленный плавильник с тонной расплавленного висмута — отогревать козла. Риск был велик: при неправильном отогреве висмут мог разорвать трубу, как замерзающая вода. К счастью, все обошлось, но ракета с тем луноходом потерпела аварию, и обогнать американцев не удалось.

А когда делали полоний для Лунохода-2, случилось такое происшествие. Отработавшую колонку сменили на резервную. И полоний перестал извлекаться. Что делать? Искать сбой режима? Но весь облученный висмут был израсходован и лежал в отстойнике, набирать новую партию — задержка за год. Вскрытие показало: колонка собрана неправильно, расплавленный висмут сливался прямо в отстойник. Подающую висмут трубу переварили, но чего это стоило! Вот цитата: «...Резать электросваркой стенку аппарата, в котором тысячи кюри полония! Сварщик работает в неудобной позе, со всех сторон торчат железяки, а его отделяют от ада только стекло шлема и тонкая пленка скафандра. Одно неверное движение — и жизнь зависит от размера и места разрыва скафандра. А по нервам бьют непрерывное похихивание красного фонаря, вой сирены и необходимость уложиться в несколько минут из-за высокого гамма-фона. Да, это было, люди делали свое дело не просто по приказу

начальства, они понимали, что от них зависит запуск ракеты с луноходом — результат труда многих тысяч людей. Мы еще помнили горечь от поражения в «Лунной гонке» с американцами».

Чем опасен полоний? Главная его опасность связана с высоким удельным энерговыделением. Из-за него монолитный полоний может сам собой расплавиться и начать испаряться. Даже твердый полоний нестабилен: от него постоянно отщепляются мельчайшие частицы, то есть слиток полония всегда окружен облачком ядовитого аэрозоля. Если его случайно вдохнуть, организм получит высокую дозу облучения. Альфа-частицы обладают малой проникающей способностью, но большой разрушающей силой, поэтому вокруг каждой частички полония внутри организма возникает зона серьезного поражения. Согласно немногочисленным данным, полученным на людях и крысах, полоний поражает костный мозг, вызывая проблемы с кроветворением, и разрушает слизистую оболочку кишечника (если попадает туда вместе с пищей).

Сколько природного полония получает человек? Полоний-210 всегда есть в окружающей среде, поскольку он образуется в числе продуктов распада урана-238. В фосфорных удобрениях содержание урана и его продуктов повышено, соответственно, культурные растения обогащены этими элементами, в частности полонием. Считается, что при всей ничтожности своего содержания полоний-210 обеспечивает 7% всей дозы радиации, которую получает человек из продуктов питания. Больше всего полония в дыме сигарет, и есть мнение, что он существенно повышает риск рака гортани и легких у курильщиков. Так, 20 сигарет, выкуренных за день, дают 123 мБк полония-210, или 45 Бк в год, а нормальная активность полония в анализе мочи здорового человека должна быть менее 20 мБк.

Справка. Беккерель, Бк, — единица измерения радиоактивности, означает число распадов в секунду. Кюри, Ки, — внесистемная единица измерения радиоактивности, один кюри равен 37 ГБк

Полоний и Арафат

С.Анофелес



До начала XXI века полоний использовали только в технике, а его опасные для здоровья свойства проявлялись в редких трагических случаях, которые закономерно превращались в соответствующие пункты инструкции по технике безопасности. Но вот наступил новый век, и этот элемент раскрыл себя в неожиданном качестве — как отравляющее вещество.

Страшные смерти

Первый исторически зафиксированный случай приходится на 2006 год и связан с отравлением в Лондоне Александра Литвиненко, бывшего подполковника ФСБ РФ и начальника службы безопасности секретаря Совета безопасности РФ Б.А. Березовского. Согласно данным Скотланд-Ярда, 1 ноября Литвиненко с утра встретился со своим итальянским приятелем, который сообщил ему об очередных угрозах жизни, выпил кофе с тремя бывшими коллегами, приехавшими из РФ, чтобы обсудить какие-то дела, и вечером почувствовал себя плохо. В больнице сначала диагностировали отравление таллием (его сульфат используют как крысиный яд), а за три дня до смерти, наступившей 23 ноября, предположили, что это полоний. Действительно, за три часа до смерти следы полония нашли в моче Литви-

ненко, были они и в кафе, где проходила встреча, и в доме пострадавшего, из чего следовало, что он, несомненно, контактировал с этим элементом.

Впоследствии у этого случая появилось много конспирологических объяснений, которые не имеют отношения к повествованию о полонии. Впрочем, небезынтересно, что перед смертью Литвиненко принял ислам.

Видимо, из-за этого случая была сделана попытка найти следы полония в еще одной загадочной смерти — Ясира Арафата. Напомним канву событий. Ясир Арафат был человеком многогранным. Начав свою политическую деятельность с организации террора для сопротивления израильской оккупации Палестины, он стал бессменным руководителем движения ФАТХ, председателем исполкома Организации освобождения Палестины, формировал отряды палестинских боевиков, не раз организовывал вооруженное и гражданское противостояние между палестинцами и израильтянами, развязал гражданскую войну в Ливане, добился создания Палестинской национальной администрации, стал ее главой и вместе с премьер-министром Израиля Ицхаком Рабином и главой МИДа Ариэлем Шароном получил в 1994 году Нобелевскую премию мира. В свои 75 лет он на здоровье особо не жаловался — гастрит, дрожание рук, — хотя жизнь у него была трудная. Арафат пережил авиакатастрофу, ему приходилось долго отсиживаться в подземных бункерах, спасаясь от израильских обстрелов и прицельных пусков ракет, а покушений на его долю выпала целая дюжина.

Однако вечером после обеда 12 октября 2004 года он вдруг почувствовал себя плохо из-за расстройства желудка. На следующий день самочувствие ухудшилось, врачи отметили нарушения в работе печени и кроветворной системы: рост числа лейкоцитов, снижение числа тромбоцитов, разрушение костного мозга. Попытки поставить диагноз к успеху не привели, стабилизировать состав крови и остановить понос не удавалось, пациент терял вес, и 29 октября его перевезли в парижский военный госпиталь. Там Арафат 3 ноября впал в кому. Почти неделю врачи пытались спасти пациента, но безуспешно — 11 ноября он умер. Никаких следов ядов, бактерий и вообще чего-либо, что могло вызвать внезапное расстройство здоровья, найти не удалось. Не нашли и следов гамма-активности в испражнениях. Что же касается альфа-и бета-активности, то французы ее измерять не стали (и это важно). Арафата похоронили в специально построенном мавзолее, и об истории забыли. Но, как оказалось, не все и не навсегда.

Визит в Лозанну

В феврале 2012 года на пороге Центра судебной медицины Лозаннского университета стоял человек с дорожной сумкой. Это был Клейтон Суишер, журналист катарского телеканала «Аль-Джазира». Он приехал по поручению вдовы Арафата, Сухи Арафат, с просьбой провести исследование его вещей, которые все эти годы лежали в сейфе лондонского адвоката Сухи. Она подозревала, что Арафата отравили, поэтому вместе с вещами привезли препараты, которые он принимал перед болезнью и во время лечения. Но прежде всего было бы неплохо убедиться, что вещи действительно принадлежат Ясиру Арафату. Именно с этой части анализа и начали швейцарцы свое расследование.

На любой одежде, которая соприкасается с человеком, остаются ничтожные следы биоматериалов: капли пота, чешуйки кожи, волосы, остатки испражнений. Такие следы и стали собирать исследователи. На подкладке ушанки, в которой Арафат ходил последние месяцы жизни, нашли девять волосков, но удалось исследовать лишь митохондриальную ДНК. Для идентификации она не годилась, ведь для сравнения взяли генетические данные дочери Арафата, а от мужчины митохондрии потомству не передаются. Тогда стали добывать другие образцы, например сделали смывы с очков, с подкладки той же ушанки, с медицинской шапки, зубной щетки. Они дали достаточно ДНК для анализа: владелец этих вещей действительно оказался отцом дочери Арафата. И волосы были его же.

Коль скоро вещи действительно касались тела лидера палестинского народа, можно было переходить к самому интересному — идентификации полония. Почему именно его? Потому что предварительное обследование показало: во-первых, никаких следов ядов ни в лекарствах, ни в волосах Арафата нет, а во-вторых, гамма-обследование вещей не выявило отклонений в активности обычных радиоактивных изотопов, как это утверждали и французские медики. Однако случай Литвиненко был уже широко известен: он тоже умер от неизвестной причины и болел, как и Арафат, около месяца. Вот поэтому и решили искать полоний.

Поиск ничтожного

Задача перед швейцарскими экспертами стояла сложнейшая. Ведь при периоде полураспада в 138 суток количество полония-210 в вещах Арафата (если он там был), и без того крошечное, должно было уменьшиться в два миллиона раз! К счастью, для определения присутствия радиоактивного элемента не всегда нужно проводить химические анализы, достаточно найти следы его распада. С полонием это можно делать по испусканию альфа-частиц и гамма-квантов. Второй способ очень плох, потому что гамма-распад испытывает ничтожная часть атомов полония — 0,00107%. Неудивительно, что французы никаких его следов не нашли — при чувствительности их метода активность должна быть огромной, 25 кБк на литр образца. Анализ же альфа-частиц позволяет найти во много раз меньшие количества полония — 0,5 мБк.



РАССЛЕДОВАНИЕ

Чтобы приготовить образцы для анализа, из одежды вырезали небольшие кусочки ткани (прежде всего такие, где были пятна мочи, пота или крови, участки поблизости от пятен и совсем далеко от них). К ним добавляли образец-свидетель — полоний-209: обладая аналогичными химическими свойствами, он попадал в конечный препарат так же, как и искомый полоний-210, а сравнивая их активность, можно было рассчитать, сколько было последнего в исходном веществе. Эти кусочки ткани кипятили в серной и азотной кислотах, удаляли органику, и в конце концов полоний осаждали на поверхности серебряного диска. Его-то и помещали в альфа-спектрометр.

Результат оказался ошеломляющим: в одном пятне мочи на трусах Арафата активность была в 50 раз больше, чем на дальних от пятен участках белья, — 181 мБк! В чистом участке рядом разница составила 15 раз (60 мБк, или в три раза больше, чем в свежей моче здорового человека); пятно на ушанке дало десятикратный эффект (34,5 мБк). А в образцах, взятых подальше от пятен, активность была низкой — около 3 мБк. Контролем служило нижнее белье, как купленное в магазине, так и снятое с двух участников работы. То есть получается, что у заболевшего Арафата с биологическими жидкостями действительно выходил полоний.

Это и есть доказательство, которое искала Суха? Нет, повышенной активности полония для вывода мало.

Путь полония

Проблема состоит в следующем. Полоний-210 возникает как дочерний продукт в цепочке распадов урана-238, и одно из ее промежуточных звеньев — относительно долгоживущий радон-222 с периодом полураспада 3,8 дня. Будучи газом, он более-менее легко проникает сквозь почву и оказывается на поверхности, где после череды коротких превращений становится свинцом-210 с периодом полураспада 22,3 года. Этот свинец из почвы поступает в растения, а с ними в пищевую или технологическую цепочку. И чем больше фосфорных удобрений, тем больше урана в почве, соответственно, больше радиоактивного свинца в еде, хлопке или табаке. По ходу дела свинец-210 становится висмутом-210, а тот, с периодом полураспада 5 суток, — полонием-210. Он распадается за полуженные полгода-год, но запасы не меняются, пополняясь за счет распада свинца. В результате природная активность полония всегда равна активности свинца-210, и в общем, неудивительно, что полоний всегда есть в любой ткани из природных волокон, а больше всего его в дыме сигарет. Поэтому следует ожидать, что у курильщика — активного или пассивного — будет повышено содержание полония во всем организме.

Арафат не курил, но, проводя частые совещания с соратниками, вполне мог надышаться табачным дымом. Кроме того, если человек живет в условиях свинцового загрязнения — а оно неизбежно со времени начала использования тетраэтилсвинца как добавки к автомобильному топливу, — у него также будет повышено содержание свинца-210 и, соответственно, полония-210. Поэтому, чтобы доказать искусственное происхождение полония, требуется еще измерить содержание свинца-210.

Для этого пришлось применить химическую хитрость. Искать следы долгоживущего изотопа гораздо труднее, чем короткоживущего, — слишком редко происходят акты распада. Поэтому порог определения свинца-21 гораздо выше, чем у полония-210, — примерно в тысячу раз. Исследователи и решили мерить полоний. Для этого образцы сначала очищали от полония, выделяли раствор, содержащий свинец, ставили в холодильник и ждали три месяца — пока новый полоний не нарабатается. Затем проводили его измерения и по ним рассчитывали содержание свинца. Эту методику досконально проверили с помощью тестовых образцов.

Измерения проводили из экономии только на тех девяти образцах, у которых была высокая активность полония. И во всех случаях объяснить ее свинцом-210 не удалось. В двух пятнах крови и одном пятне мочи доля полония, неподдерживаемого свинцом, как это называют специалисты, превышала 90%, в остальных была ниже, вплоть до 52% в пятне-рекордсмене. В то же время в одном образце белья, купленном в магазине (у него была аномально высокая активность полония, выше, чем у пятен крови Арафата), доля неподдерживаемого полония также была велика — 72%, а других контрольных измерений проведено не было.

Дальше наступил черед расчетов. В распоряжении исследователей, видимо, не было данных о трагических случаях с полонием на производстве; единственным доступным источником оказались результаты изучения анализов Литвиненко, по которым можно было рассчитать кинетику выведения полония из организма. С учетом того, что активность полония в разных следах мочи Арафата различалась в десятки раз, оценка получилась весьма приблизительной, но она свидетельствовала: исходная доза полония имела активность в 1 ГБк. Литвиненко, по оценкам, получил схожую дозу, 1—3 ГБк. Как нетрудно посчитать, исходя из того, что один грамм полония-210 имеет активность 4,5 кКи, а один кюри — 37 ГБк, это ничтожное количество — 6—20 микрограммов полония.

Тайны склепа

Эксперты сочли, что данных, собранных при изучении одежды, вполне хватает для предъявления подозрения в насильственной смерти, после чего Арафата эксгумировали 27 ноября 2012 года и стали проводить дополнительные анализы.

Изучали саван, кости, остатки мягких тканей и темное пятно на полу под гробом — предположительно туда капала жидкость при разложении тела. Первая трудность, с которой столкнулись исследователи, — высокая активность радона-222 в могиле; видимо, он там скапливался в течение длительного времени, медленно просачиваясь в могильную камеру. Поскольку из него рождается свинец-210, а затем и полоний-210, этот газ нужно было учесть. Расчет показал, сколько радона и его дочерних продуктов должно было образоваться за восемь лет, и, как логично предположили исследователи, эти продукты оседали в теле, но прежде всего на саване. А в местах, прикрытых им, в частности на сохранившемся скальпе, их должно быть значительно меньше. Однако анализ активности савана, да и поверхности костей дал гораздо меньшую активность. Получалось, что влияние радона незначительное. Тем не менее для анализа поверхностную часть костей старались не брать.

Результат оказался двойственным. Везде — и в костях, и в остатках мягких тканей, и в темном пятне под гробом — обнаружили сильно повышенную активность полония-210. Например, в темном пятне она была в 30 раз выше, чем в образцах, взятых неподалеку, а на скальпе гораздо выше, чем на прикрывающем его саване. Однако никакого лишнего полония найдено не было: весь он оказался «поддержан» активностью свинца, то есть имел природное происхождение. Более того, в некоторых пробах свинца оказалось гораздо (иногда в два-три раза) больше, чем нужно для равновесия с полонием; объяснить это пришлось с помощью хитрых отговорок. Но факт остался фактом: в организме Арафата было слишком много радиоактивного свинца. А вот вопросы о причинах остались без ответа из-за проклятой неопределенности, о которой рассказывал Е.Ю. Колесников (см. «Химию и жизнь», 2018, 8).

Ситуация с этой экспертизой, как и со многими другими, напоминает о весах с двумя чашами, на которые положены противоречащие друг другу данные равной степени правдоподобности. Зная истину, можно в нужном месте поставить под них балансир, и тогда склонится правильная чаша. А вот не зная ее, балансир поставить очень трудно. В 2013 году еще не был придуман замечательный метод «хайли-лайкли», когда балансир ставят куда угодно, его время придет только в 2018 году. Поэтому эксперты, а экспертизу останков проводили также и российские, и французские исследователи (их результаты засекречены), решили использовать старую добрую бритву Оккама: раз в останках лишнего полония, несомненно, нет, значит, отравления не было и нечего фантазировать насчет сомнительных пятен на одежде. Швейцарцы согласились с мнением уважаемых коллег. Физик назвал бы этот подход так: отрезать тяжелые хвосты распределения, которые содержат незначительное число данных, не вписывающихся в концепцию, — возиться с ними нудно, а гарантии, что это не ошибка измерения, нет никакой, так зачем тратить время и нервы?

Загадка свинца

Для объяснения непреложного факта — повышенного содержания радиоактивного свинца в организме Арафата — были предложены непроверяемые версии о пассивном курении и долгом сидении в бункерах с радоном. Однако сами швейцарцы нашли-таки более интересную версию.

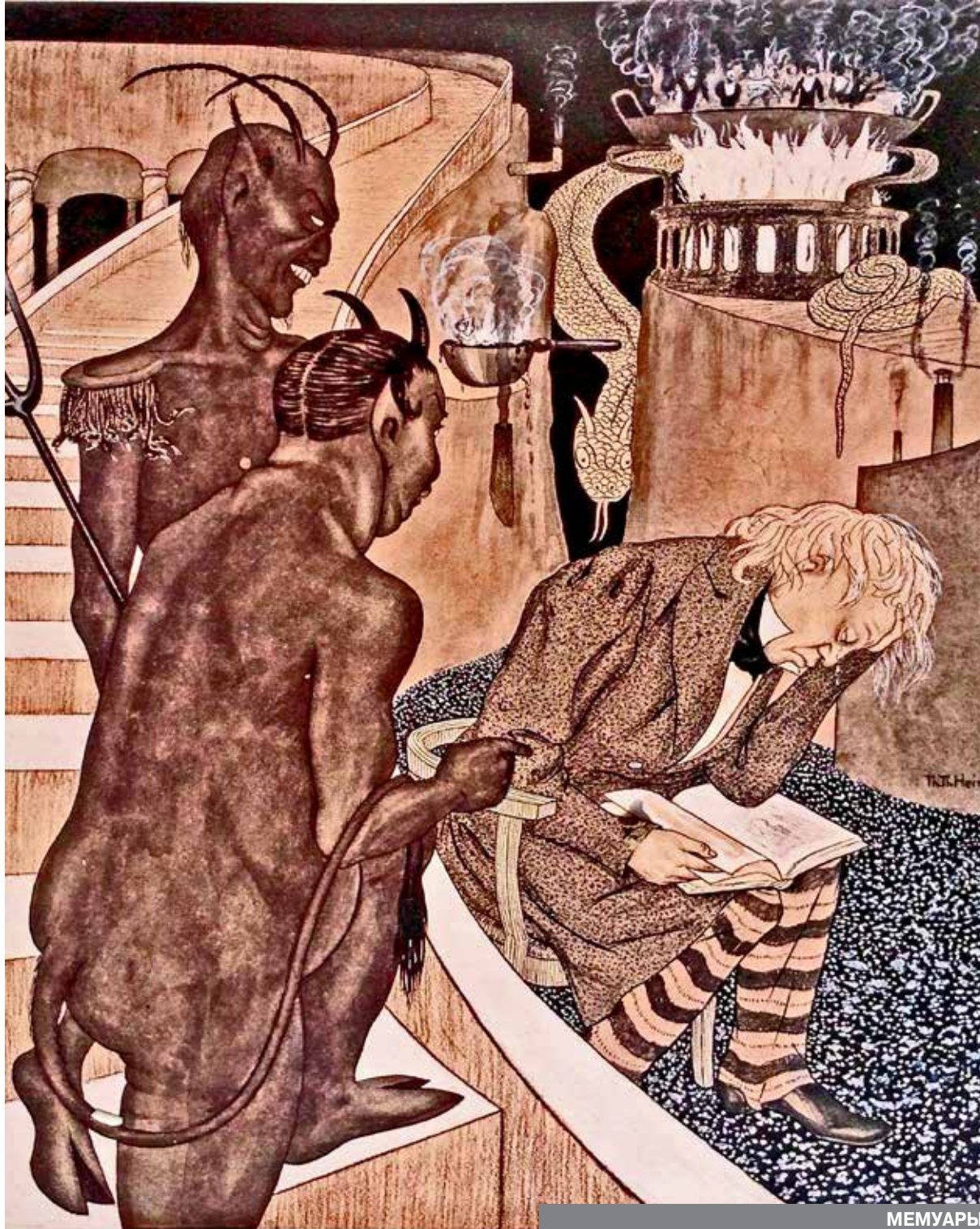
Полоний получают облучением нейтронами висмута-209. Он превращается в висмут-210 и через пять минут становится полонием-210. Казалось бы, все чисто? Ан нет, в висмуте обязательно есть примесь свинца-208. Получив два нейтрона, он и станет свинцом-210. Коллеги из ядерного центра в Лозанне промоделировали такую реакцию и получили отрицательный ответ: свинец-210 в полонии присутствует, но его слишком мало, чтобы можно было обнаружить в образцах костей при заявленной активности.

Этот ответ никого не удовлетворил, и тогда в Чехии купили образец полония, анализ которого показал присутствие свинца-210 в гораздо большем количестве — его активность была всего в 10 миллионов раз меньше, чем у полония. По мере распада полония относительная активность свинца быстро растет, и как раз через восемь лет активности обоих элементов сравняются — получится ситуация, что полоний «поддержан» свинцом, хотя на самом деле имеет искусственное происхождение. Если же взять не свежий полоний, а полежавший годик, когда исходная активность свинца станет меньше полониевой уже в сотни тысяч раз, равенство будет достигнуто быстрее, а там и свинца окажется больше, чем полония.

Не удовлетворившись этим рассуждением, швейцарцы еще и свинец-206 померили — он получается при распаде полония-210. Оказалось, что именно в самых радиоактивных костях этого свинца больше, чем в остальных. В общем, если Арафат и отравился полонием, то каким-то несвежим, который где-то хранился не менее года со дня изготовления.

Так в утвержденном тремя комиссиями экспертов заключении о естественной смерти Ясира Арафата появились очередные сомнения, а этот случай оказался первым в списке тайн и загадок XXI века. Наверняка любителей конспирологических изысканий еще долго будет интересовать, где и при каких обстоятельствах и Арафат, и Литвиненко, которых если что и объединяет, так это одна вера и знакомства в среде разного рода профессионалов террора, сумели получить примерно одинаковую смертельную полониевую дозу?

Подготовлено по материалам доклада «Expert Forensic Report Concerning the Late President Yasser Arafat», Лозанна, 5 ноября 2013 года. Текст взят с сайта телеканала «Аль-Джазира».



Художник Томас Теодор Гейне



МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

Кока-кола и новая жизнь

Кандидат
физико-математических наук
С.М. Комаров

Может ли сладкая газировка обладать противозачаточными свойствами? И да, и нет – такой ответ следует из исследований двух коллективов, одновременно удостоенных Игнобелевской премии по химии за 2008 год.

Чем руководствовались доктора медицины Шареэ Ум্পерре, Джозеф Хилл и доктор философии Дебора Андерсон из Гарварда, проводя исследование влияния кока-колы на сперматозоиды, не очень понятно. Может быть, им срочно нужна была публикация для получения гранта. А может, они хотели разоблачить городской миф о том, что если женщина совершит промывание этим напитком после совокупления, это поможет предотвратить беременность. Но если так, то они явно не преуспели, наоборот, результаты их исследования имели поистине оглушительную славу, правда, за пределами тех стран, которые обычно называют развитыми капиталистическими.

Исследование было очень простым, его описание заняло лишь одну страничку в «New England Journal of Medicine» (1985, 313, 21, 1351). Авторы взяли сперму одного добровольца

(видимо, единственного мужчины в творческом коллективе), приготовили ее водный раствор, а затем в соотношении 1:5 смешали его с кока-колой разных сортов. В течение минуты после приготовления препарат наносили на предметное стекло и смотрели под микроскопом, какая доля сперматозоидов сохранила способность передвигаться. Всего в опытах участвовало четыре рецептуры — «старая» кока-кола, «новая», «новая» кока-кола без кофеина и диет-кола с подсластителем вместо сахара. Вот ее влияние на сперматозоиды и оказалось убийственным — ноль процентов сохранило подвижность! Старый рецепт был менее вредоносным (8,5%), а новый рецепт с кофеином — самым гуманным (42%). При этом кислотность всех четырех напитков мало различалась, стало быть, дело не в ней, а компонентах секретной формулы, придающих коле неповторимый вкус.

В общем, несмотря на отсутствие статистики, то есть при полном игнорировании требований к достоверности эксперимента, авторы-таки пришли к выводу, что кока-кола обладает спермицидным действием. Но предупредили: беременность она предотвратить вряд ли сможет — не будут сперматозоиды сидеть, поджав хвосты, и ждать, когда их польют колой, поэтому пользоваться этим народным средством не следует.

И думали участники международного коллектива (доктор Умпыерре практикует на Коста-Рике), что на этом их дело закончено. Не тут-то было! Появились эпигоны, которые принялись ставить аналогичные опыты, а результаты публиковать в рецензируемых журналах. Особенно отличились на этом поприще исследователи из Университета Обафеми Авалово в нигерийском Иле-Ифе, который на тот момент был в штате Ойо. Первая статья магистров науки О. Ойелолы, Ф. Амолы и магистры медицины С. Айангаде вышла в журнале «Contraception» в 1987 году (36, 4, 435—440). Они учли ошибки в постановке опытов, которые допустили основатели прикладного колаведения, и в своей работе использовали сперму десяти добровольцев. У четырех качество еще до контакта с напитками оказалось недостаточно высоким, поэтому обсчитывали данные по остальным шести. Схему эксперимента, как указывают сами авторы, заимствовали из пионерской работы доктора Умпыерре и ее коллег. Разве что напитки брали в местной лавке, чему была важная причина.

В развивающихся странах есть две связанные друг с другом проблемы: бедность и слишком большой прирост населения. Борьба с последним трудно — мужчины не считают нужным предохраняться, перекладывая эту обязанность на женские плечи. А у женщин нет денег на всякие дорогие препараты. Вот они и обходятся тем, что можно купить в местной лавке. Но что же именно следует покупать? Было неясно, однако теперь намеки на это дает как раз колаведческое исследование Умпыерре. Его надо только расширить с учетом местной специфики.

В общем, нигерийцы взяли в работу пепси-колу, кока-колу, афри-колу и еще несколько местных кол, швепс-колу. А еще горький лимонный швепс-тоник. Последний показал наилучшую эффективность — подвижность сперматозоидов в нем составила 1,2%. Кока-кола заняла почетное второе место — 6,4% (видимо, ее сделали по «старому» рецепту). Самой лучшей, по данным Умпыерре, диет-колы в лавке не было. Третье место досталось афри-коле (8%), швепс-кола и санрайз-кола дали 14—17%, а самой гуманной к новой жизни получилась пепси-кола — 55%. По каждому образцу проводили два измерения, то есть набралась уже некоторая статистика, позволившая считать ошибку эксперимента.

К следующей работе, отчет о которой последовал через три года в журнале «Advances of Contraceptions» (1990, 6, 47—51), К. Томас заменил Айангаде, и обновленный творческий коллектив, вооружившись спектрометром знаменитой компании «Перкин-Элмер», решал на деньги «Wellcome Nigeria Fund» вопрос: что же за вещество в прохладительных напитках тормозит движение сперматозоидов? Неужели вариации

содержания кофеина оказывают свое действие? Не даром некоторые исследования свидетельствуют, что он повышает подвижность сперматозоидов... Прекрасный прибор, направленный, видимо, умелой рукой К. Томаса, четко показал, что кофеин действительно присутствует в различных колах в немалом количестве, а вот в самом убийственном тонике его в пять раз меньше.

Так, может быть, сперматозоиды замирают из-за недостатка кофеина? Увы, из всех кол меньше всего кофеина, причем заметно — в два раза, — оказалось в пепси-коле, действие которой было самым слабым. И следовые количества тяжелых металлов с эффектом не коррелировали. Авторы работы так и пишут, видимо намекая на необходимость дальнейшей финансовой поддержки: наше исследование не позволило отгадать загадку спермицидного действия прохладительных напитков, но идеи, что изучать, есть. Возможно, активность сперматозоидов угнетает углекислый газ, а вернее всего, дело в секретных ингредиентах, с опознанием которых не справился даже всевидящий «Перкин-Элмер».

Кстати, авторы отмечают, что любая кола, не говоря уж о тонике, обездвиживала все сперматозоиды от добровольцев с плохой спермой. После этого отрицать спермицидное действие прохладительных напитков стало нелепо.

Четвертый подход к тайне колы совершил магистр медицины П. Нвоха из того же университета. Он задался вопросом: а что, если в колу добавить щелочь, ведь там, куда попадают сперматозоиды, среда как раз щелочная. Скажется ли это хоть как-то на поведении сперматозоидов? Новый опыт, описанный в 1992 году в журнале «Contraception» (46, 537—542), был поставлен с размахом — для участия в нем пригласили тридцать крепких мужчин в возрасте от 25 до 30 лет, однако отобрать сумели лишь семерых. Пятнадцать не были знакомы с техникой ручного извлечения спермы из организма, еще у 18 качество спермы оказалось низким. Сами же опыты проходили по устоявшейся методике — разбавление образцов колой, подсчет под микроскопом числа жертв. В исследовании участвовало четыре зарекомендовавших себя напитка — тоник, пепси-кола, кока-кола и афри-кола. Новый опыт доказал безусловное спермицидное действие тоника (это уже был не швепс, а местный крест-тоник), а вот с колами вышла накладка, если требовать от эксперимента повторяемости. Так, пепси-кола стала более жесткой — подвижность сперматозоидов в ней снизилась до 42% против 55% в опытах Ойелолы, афри-кола, наоборот, оказалась гораздо мягче — 37% вместо 8%. У кока-колы, как видно, рецептура резко поменялась и сперматозоиды чувствовали себя вполне комфортно — их подвижность оказалась — 46% вместо 6%, зато это близко к тем 41%, что намерила Умпыерре с коллегами. Видимо, кола нового состава за прошедшие годы вытеснила с африканского рынка старую.

А что же цель опыта — добавление щелочи? И у тоника, и у двух кол, кроме кока-колы, такая добавка снижала спермицидное действие. В случае тоника подвижность сперматозоидов выросла аж до 20%! А вот у кока-колы, наоборот, упала до 35%. Очевидно, что при правильном анализе эти данные помогли бы подвести к разгадке, к выявлению действующего вещества. Но, видимо, для развивающихся стран требуются не отвлеченные знания, а практически важные. Их-то Нвоха и формулирует: именно тоник, который легко купить в любой лавке, и нужно проверять в качестве средства предотвращения беременности; его использование даст немалые преимущества женщинам развивающихся стран с их бедностью и перенаселенностью. Наверное, полученные в серии работ убедительные доказательства спермицидного действия тоника поставили точку в расследовании — более поздних работ в области колаведения не опубликовано.

Однако сомнения все-таки остались, и Игнобелевский комитет сумел найти их источник. Оказывается, пока нигерийские исследователи проводили свою серию работ, тайваньские

китайцы из тайбэйского Главного госпиталя ветеранов во главе с Ц.Я. Хуном («Human & Experimental Toxicology», 1987, 6, 395—396) доказали, как они сами считают, отсутствие спермицидного действия разных кол, благодаря чему стали вторыми лауреатами премии по химии 2008 года.

Как обычно бывает с такого рода разоблачителями, китайская работа изобилует нестыковками и прямыми нарушениями техники эксперимента. Вот, например, они пригласили всего семь добровольцев, у которых в миллилитре жидкости было 54—123 млн сперматозоидов, и подвижность последних была не на высоте: 33—57%. Да Нвоха таких добровольцев выгнал бы из лаборатории и даже денег бы не дал — он в своих опытах оставлял мужчин, способных произвести не менее 250 млн сперматозоидов в миллилитре, и чтобы не менее 60% были живы. Ойелолоа с коллегами были так же строги: у их подопечных подвижность сохраняли 70—90% сперматозоидов из имевшихся 45—80 млн в миллилитре. Дальше — больше: китайцы вовсе отказались от классической методики колаведения. А ведь никто не мешал проверить китайские сперматозоиды для начала методом Умперре, доказать, что и с ними, и с газировкой все в порядке, кола действует так, как подтверждено многочисленными опытами. Тем не менее группа доктора Хуна не поставила такого контроля, а сразу стала проводить измерения своим методом, довольно сложным. Жидкость со сперматозоидами капали в сосуд, разделенный мембраной, за которой находился щелочной буфер, а дальше считали, сколько сперматозоидов за два часа сможет преодолеть мембрану. В опытах использовали те же колы, что и Умперре с коллегами, при этом сперматозоиды выдерживали в коле и полчаса, и час, и всё без видимого результата — подвижность оставалась на уровне 75—90% от контрольной. Из чего китайцы сделали смелый вывод, что никаким спермицидным действием колы не обладают.

Как же так? Ведь исследователи из США и Нигерии независимо друг от друга показали, что, да, с колой вопрос темный, но с тоником-то нет никаких сомнений! Поставь китайцы контрольные опыты с прямым измерением подвижности сперматозоидов под микроскопом, ясности было бы больше; может, у них кола бракованная, кто теперь знает? А так ясности нет, приходится идти по скользкому пути предположений, чтобы свести воедино столь противоречивые экспериментальные данные.

Объяснение можно попытаться найти в китайской статье: авторы прямо пишут, что их метод опробован на таких противозачаточных средствах, которые изменяют поверхность сперматозоидов. А если вещество действует, скажем, на митохондрии, то мембранный метод ничего внятного не покажет. В коле же, как известно китайцам, нет веществ, которые могут менять поверхность сперматозоидов. Вот из этой оговорки и следует, что загадочное вещество, разыскиваемое колаведами не один год, обладает каким-то другим механизмом, не более того. Говорить об отсутствии действия, когда опыт поставлен принципиально другим методом, некорректно. В общем, закрыть увлекательные колаведческие студии китайцами явно не удалось, только интриги прибавилось, и это лишний раз демонстрирует всю суть научного поиска, полностью захватывающего исследователя, даже если исходный повод выглядит как милый пустяк или безобидный розыгрыш.

Однако наука наукой, а что же делать бедным женщинам перенаселенных стран? Искать старую диетическую кока-колу? Пользоваться свежим тоником? Ответ дает Дебора Андерсон, которая после присуждения Игнобелевской премии была вынуждена опубликовать специальное разъяснение в «British Medical Journal» за 2008 год. Да, пишет Дебора, мы мерили подвижность сперматозоидов в прохладительных напитках, зная, что такой народный метод популярен в некоторых странах. Но проблема-то состоит в другом. Хороший сперматозоид плавает со скоростью более 3 мм в минуту. Он,



как считает Андерсон, за секунды может достичь цели и оплодотворить яйцеклетку. И ее слова подтверждаются опытами. Конечно, их проводили не с участием людей, но вот, скажем, у овец («Australian Journal of Biological Science», 1986, 39, 3, 305—309) искусственное оплодотворение с моментальным, спустя секунды, промыванием водой приводило к беременности лишь в 10% случаев, а если промывали спустя всего-то 15 минут — успеха достигали в 40%. Задержка на час увеличивало это число незначительно — до 55%. Конечно, за минуты сперматозоид не может слиться с яйцеклеткой. Более того, как известно с 50-х годов, ему нужно выждать определенное время для того, чтобы пройти процедуру капацитации, в ходе которой сильно меняется химический состав его оболочки; кроме того, возможно, за это время появится свежая яйцеклетка и станет готова для оплодотворения. Это часы, которые сперматозоид проводит, спрятавшись в глубине женского организма. Но, как видно на примере овец, для промывающей жидкости такое убежище уже недоступно и, значит, никакие примочки и промывания спустя минуты не помогут его остановить, они попросту лишены смысла. Поэтому от колы, уксуса, лимонного сока, тоника и прочих народных методов толку очень мало. А вот вреда много. Не зря той же колой чистят бамперы автомобилей — настолько это агрессивная жидкость. В специальных опытах Андерсон с коллегами посмотрела, как кола действует на соответствующую ткань человека; оказалось, что очень плохо — верхний слой клеток погибает. Поэтому наука утверждает: прохладительные напитки можно использовать только для утоления жажды. Другие способы ни к чему хорошему не приведут. Впрочем, это не мешает продолжать искать разгадку колы, чтобы определить действующее вещество и сделать с его помощью новое полноценное противозачаточное средство.

А что там, в Нигерии? Подробное обсуждение нигерийской популяционной динамики выходит за рамки повествования об Игнобелевской премии 2008 года, однако наличие интересных фактов нельзя не отметить. Штат Ойо находится на юго-западе Нигерии, граничит с Бенином. Выделившийся из него в 1991 году штат Ошун, где оказался город Иле-Ифе, — несколько восточнее. Так вот, исследование, которое возглавлял Акани Ибукун Акинйеме из все того же университета показало («African Population Studies», 2014, 27, 2, 239—247), что после работ Ойелолоа и Нвохи фертильность женщин именно на юго-западе и юго-востоке Нигерии сильно — на 30% — снизилась: 6,6 детей на женщину в 1981 году, 5,5 в 1990-м, 4,5 в 1999-м, 4,1 в 2003-м и 4,5 в 2008-м. А на севере, наоборот, стабильно росла — с 6,4 до 7,2. Причину Акинйеме указывает: на севере предохраняется 3% женщин, а на юге 34%. Однако чем именно предохраняются женщины в стране растущей нищеты, где число бедных увеличилось с 28% (18 млн. человек) в 1980 году до 54% (60 млн. человек) в 2004-м, он не конкретизирует.



Еще о клювах галапагосских вьюрков

Птицам явно не хватает конечностей. Ноги у них для ходьбы, крылья — для полета, все остальное приходится делать клювом: держать палочки, строить гнезда, терзать добычу, раскалывать семена, ловить рыбу и многое, многое другое. Взглянув на форму и размер птичьего клюва, несложно догадаться, чем кормится его обладатель. Хрестоматийным примером связи формы и функции стали галапагосские, или дарвиновы, вьюрки. Чтобы не конкурировать за пищу, птички разделили экологические ниши. Одни питаются семенами, другие насекомыми, третьи — плодами и цветками. Соответственно типу питания изменились размеры и форма клюва: у одних видов он массивный и конический, у других тонкий и длинный; дятловый вьюрок своим клювом может и кору продолбить, и ухватить колючку кактуса, которой извлекает из отверстия личинок. Так из одного вида птиц в ходе эволюции возникло четырнадцать. Галапагосские вьюрки попали во все учебники как доказательство естественного отбора и влияния функции органа на его форму.

Составители учебников, безусловно, правы, однако функции клюва не сводятся к добыванию пищи. Это не только орудие, но и эффективный теплообменник. Животные, питаясь и двигаясь, выделяют тепло. Чтобы температура тела была относительно постоянной, приток тепла должен уравновесиваться его потерей. Как птицы могут рассеивать излишек тепла? Потовых желез у них нет, тело покрыто перьями, а это прекрасный теплоизолятор, который не дает организму охлаждаться. Остаются области, перьями не покрытые: ноги и клюв. Они пронизаны кровеносными сосудами, и текущая по ним кровь переносит избыток тепла от внутренних областей тела к более прохладной поверхности. Теплоотдачу можно регулировать, изменяя просвет сосудов. А если клюв открыть, тепло будет рассеиваться еще сильнее в результате испарения.

Естественно, теплоотдача происходит, когда окружающая среда прохладнее внутренней области тела. Если она выше, кровь, протекая у поверхности, нагревается, и в этом случае клюв будет поглощать тепло.



Клюв как орган терморегуляции несколько лет исследует профессор канадского Университета Брока Гленн Таттерсалл (рис. 1). Он и его соавторы обнаружили, что потеря тепла через клюв зависит от его формы и площади поверхности. Клюв большого тукана способен отдать в четыре раза больше тепла, чем вырабатывает тело. Но тукан все-таки исключение, обычно теплоотдача гораздо скромнее. К примеру, американский певчий воробей теряет через клювик всего 6—8% тепла. При этом подвид, живущий в жарких и сухих дюнах, имеет несколько больший клюв, чем его собрат, обитающий во влажной местности, благодаря чему рассеивает

на треть больше тепла. Относительно крупный клюв позволяет птице охлаждать организм, не испаряя воды, что существенно при дефиците влаги.

Очевидно, отбор на размер и форму клюва зависит от климата: температуры воздуха и поверхности, уровня солнечной радиации, влажности, скорости ветра (чем она выше, тем эффективнее испарение при открытом клюве). Но ведь и кормиться в этом климате тоже нужно, и потому эволюция клюва должна представлять собой компромисс между всеми требованиями. Если это так, галапагосские вьюрки с их разными клювами отличаются и терморегуляцией.

Для проверки этой гипотезы международная группа исследователей под руководством Гленна Таттерсалла наблюдала за четырьмя видами вьюр-



1
Гленн Таттерсалл с большим туканом



Кактусовый вьюрок



Малый земляной вьюрок

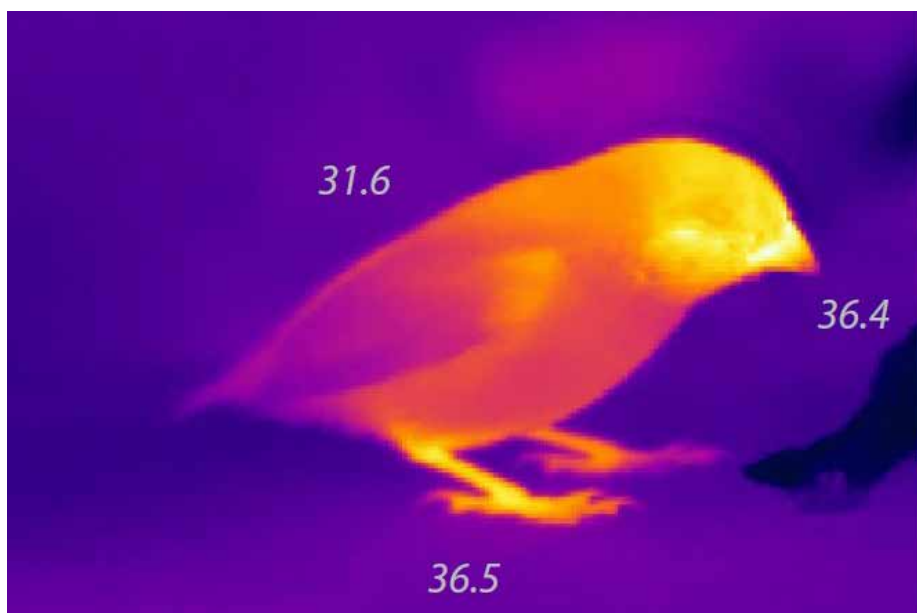


Средний земляной вьюрок



Большой земляной вьюрок

2
Вьюрки, живущие на одном острове, отличаются размером и формой клювов



3
Тепловое изображение малого земляного вьюрка в тени, при температуре воздуха 26,2°C. Оперение птицы не нагревается солнцем и прохладнее, чем лапки и клюв, которые рассеивают внутреннее тепло

ков, живущими на острове Санта-Крус («Functional Ecology», 2018, doi: 10.1111/1365-2435.12990). Максимальная температура на острове редко поднимается выше 32—35°C, однако там солнечно и сухо — в год выпадает менее 300 мм осадков, — поэтому очень жарко.

Долгое время физиологи могли исследовать теплообмен только в лаборатории, но затем в их распоряжении появились инфракрасные камеры. Изображения, полученные в тепловом инфракрасном диапазоне, фиксируют интенсивность теплового излучения. Она зависит от температуры объекта, и, зная интенсивность излучения, можно определить температуру поверхности. Исследователи фотографировали птиц с расстояния 2—3 метра.

Ученые наблюдали за малым, средним и большим земляными вьюрками (*Geospiza fuliginosa*, *G. fortis* и *G. magnirostris*) и кактусовым вьюрком *G. scandens* (рис. 2). У земляных вьюрков массивные клювы, которыми они раскалывают семена и насекомых соответствующего размера. Кактусовый вьюрок кормится семенами, насекомыми, а также плодами и цветками кактусов, клюв у него длиннее и тоньше. Ученые получили 543 тепловых изображения активных птиц на солнце и в тени, при разной температуре, относительной влажности и скорости ветра (рис. 3).

Прежде всего исследователи убедились в том, что вьюрки действительно контролируют теплообмен. Для этого они сравнили тепловые изображения

живых птиц и трех свежих неповрежденных трупиков, найденных на дороге. Как и следовало ожидать, температура всех частей тела возрастала с увеличением температуры воздуха и освещенности, однако у живых птиц она была на несколько градусов ниже, чем у мертвых в тех же условиях. Мертвый клюв нагревался выше 55°C, а ноги — почти до 50°C. У живых птиц клюв ни при каких условиях не был горячее 44°C. Эти результаты ясно показывают, что у живых и мертвых вьюрков теплообмен происходит по-разному: у мертвых клюв на жаре нагревается, а у живых эффективно рассеивает тепло (внутренняя температура тела у вьюрков не превышает 45°C).

Количество тепла, выделяемого через клюв, зависит от его размера. У малого земляного вьюрка оно составляет 2% от общего количества тепла, производимого телом, у среднего — 3,2%, у большого — 4,3% и 3% у кактусового. По мнению исследователей, это заниженные данные, которые нуждаются в уточнении, однако на общий вывод они не влияют: чем крупнее клюв, тем больше тепла он рассеивает.

На основе собранных данных ученые рассчитали эффективность теплообмена разных частей тела при разных температурах воздуха. При 35°C клювы всех вьюрков охлаждают тело, и больше всего тепла рассеивает клюв малого земляного вьюрка. При 40°C тепло рассеивает только клюв кактусового вьюрка, у остальных видов клювы потихоньку начинают нагреваться. При 45°C клювы уже не охлаждают птиц. Они нагреваются, но медленнее, чем остальные части тела. Оперение нагревается всегда.

А еще профессор Таттерсалл и его коллеги выяснили, что для теплообмена важна скорее не площадь клюва, а ее отношение к площади поверхности



ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

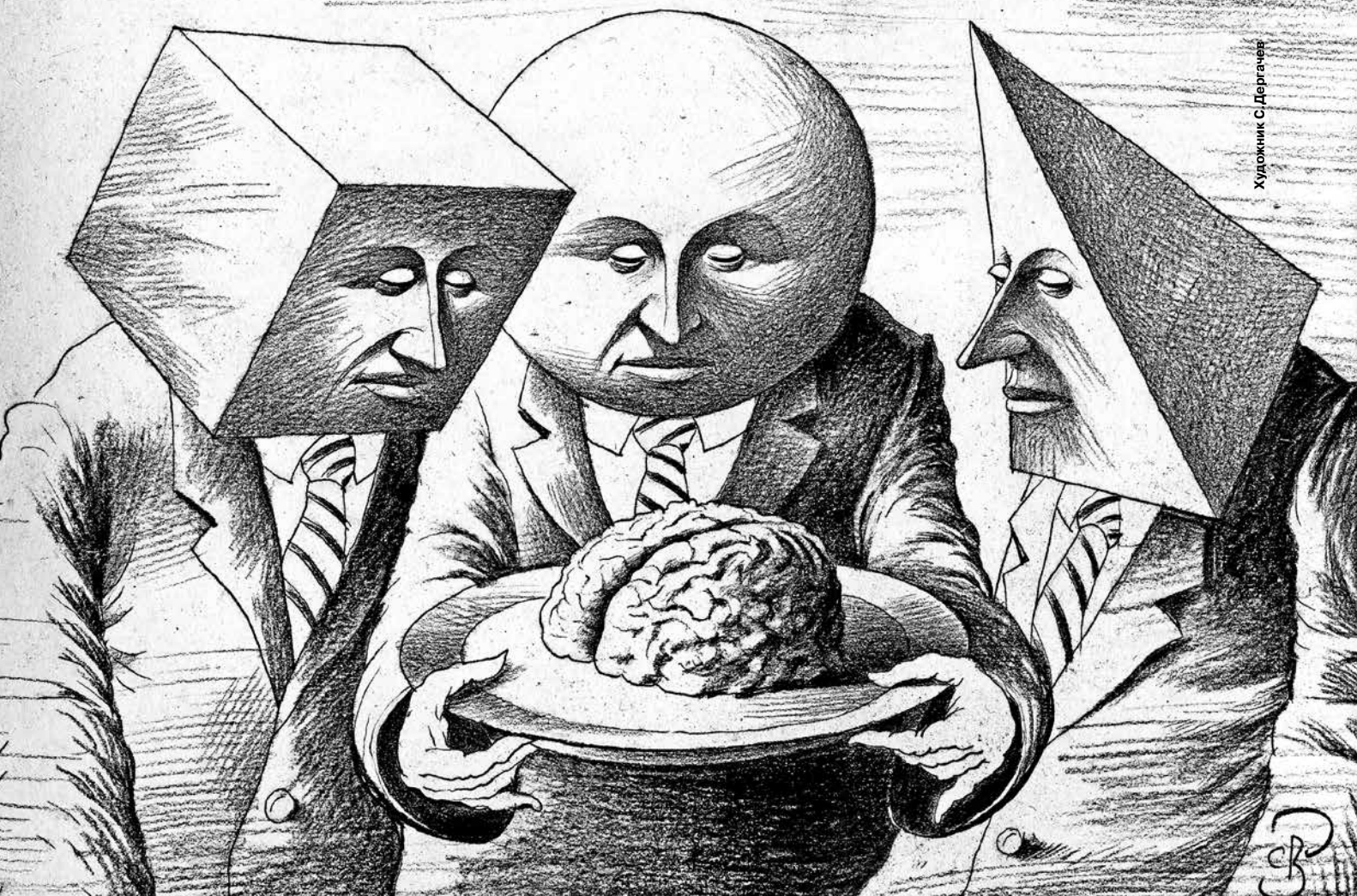
тела. Расчеты показали, что большие земляные вьюрки с самым крупным клювом и большим телом при температуре 35°C теряют меньше тепла на единицу площади, но должны меньше нагреваться при 45°C.

Как ученые и ожидали, особенности теплообмена связаны с образом жизни птиц. У малого земляного вьюрка в жару поверхности прохладнее, чем можно было предположить. Возможно, дело в том, что он предпочитает хорошо продуваемые участки, что позволяет ему охлаждать тело за счет эффективного испарения.

Расчеты показали, что лучше всех высокую температуру переносит кактусовый вьюрок. Его клювик охлаждает тело даже в таких условиях, когда клювы земляных вьюрков начинают нагреваться. Исследователи полагают, что эта особенность связана с типом питания. Кактусовый вьюрок не раскалывает семена, а клюет кактусы, его клюв стал более тонким и длинным, чем у земляных вьюрков, что повлияло на его способность к теплообмену. В результате кактусовый вьюрок меньше зависит от дождей и тени, поэтому может кормиться на открытых местах — кактусы растут там, где жарко и сухо. С другой стороны, птица ест свежую зелень, получает достаточно влаги и может часть ее потратить на охлаждение, потому и к жаре устойчива. А большой земляной вьюрок, который переносит жару хуже всех, в силу своих размеров в состоянии отогнать мелких конкурентов от водопоя и охлаждаться испарением. Кроме того, в естественных условиях он проводит на жаре как можно меньше времени, предпочитая находиться в тени.

Форма и размер клювов галапагосских вьюрков действительно влияют на их способность к терморегуляции и позволяют поддерживать температуру тела, оптимальную в естественных условиях. Не питанием единым движется эволюция.

Н. Анина



Подобный человеку

Андройды — общий термин для искусственных существ, неотличимых от человека, но создавать их можно разными путями. Скажем, эволюционным: воспроизвести первичный акт творения и подождать, пока архейская амeba станет человеком. Или придумать агрегат, в который загружают аминокислоты, белки, кальций, воду и все остальное, а он печет андроидов, как пончики.

Михаил Ахманов. Я — инопланетянин

По легенде, слово «андроид» придумал Альберт Великий, который и сотворил первого человекоподобного робота еще в XIII веке. Он был слугой и мог даже разговаривать. Что и привело его к гибели — болтовня мешала ученику Альберта, Фоме Аквинскому, который разбил андроида на мелкие кусочки.

Историю про Альберта и его андроида упоминал Валерий Брюсов в «Огненном ангеле» (1908): «Она не давала мне одуматься, она торопила меня, словно на корабле в час крушения, когда каждая минута дорога, — и теперь это я подчинялся с покорностью андроида Альберта Великого».

В фантастике первым этот термин использовал, видимо, французский писатель Жан-Мари-Матис-Филипп-Огюст

Вилье де Лиль-Адан в романе «Будущая Ева» (1886, рус. 1988), главный герой которого, Томас Альфа Эдисон, называет так свое создание — искусственную женщину Гадали. Впрочем, в русском переводе термин звучал немного по-другому:

«— То, что вы здесь видите, — это рука андреиды моей конструкции, впервые приводимой в движение той поразительной жизненной силой, которую мы называем Электричеством. Именно оно, Электричество, придает ей и эти плавные переходы тонов, и бархатистость кожи, словом, всю эту полную иллюзию Жизни!»

— Вы сказали — андреиды?

— То есть имитации человека, искусственного человеческого существа, если угодно».

Там же было подробно рассказано о конструкции этого существа: «Благодаря тайне, которая образуется в этих металлических позвонках, и тому, что из них выделяется, тепло, движение и сила расходятся по телу Гадали по соединениям этих блестящих проволочек: воспроизведение наших нервов, сосудов и жил. Благодаря этим вот маленьким кружочкам из закаленного стекла движение начинается либо прекращается или в одном члене, или же во всем объекте. Здесь размещается очень мощный электромагнитный двигатель, которому мне удалось придать малые размеры и вес. А вот это — два золотых

фонографа, наклоненных под прямым углом к центру груди и играющих роль легких Гадали. Они взаимно передают друг другу ленты ее гармоничных разговоров. Одна оловянная лента вмещает семь часов ее слов, которые обдуманы величайшими поэтами, тончайшими метафизиками и умнейшими писателями нашего времени — гениями, к которым я обращался... Вот два тончайших острия из чистой стали, подрагивающие в бороздках на валике... На этом валике записаны жесты, походка, выражение лица и позы обожаемой особы... Валик содержит почти семьдесят движений общего характера, то есть примерно все, чем может и должна располагать хорошо воспитанная женщина».

Но по-настоящему андроиды в русской фантастике стали появляться лишь во второй половине XX века. Например, в романе Александра Полещука «Звездный человек» (1957):

«— Аркадий, меня интересует другое... Можно ли создать такую машину, поведение которой было бы полностью подобно поведению человека? Пусть несколько чуждающегося, но человека? Чтобы эта машина вошла в жизнь, общалась с людьми и была принята за живое существо...»

— Ах так? Ну, в виде такой игрушки, это даже забавно... Ты что же, думаешь создать такой агрегат? Это не было бы особенно сложным. Видишь ли, если в Средние века были сделаны знаменитые андроиды... помнишь, швейцарскими часовщиками? И эти автоматы могли красиво писать несколько слов, посыпать написанное песком и даже рисовать. В наше же время, когда вместо зубчатых колесиков и червячных передач мы можем применить электронику и электромагнитные приспособления, вполне мыслима такая игрушка, которая сможет заменить банк с его сотнями служащих или которая сможет давать ответы на любые вопросы, справляясь с энциклопедией».

Впрочем, в то время термин еще не получил окончательного толкования, о чем свидетельствует его упоминание в романе Георгия Мартынова «Каллистан» (1960):

«Это был небольшой шар, передвигавшийся на шести мetailлических ножках. Он переходил от предмета к предмету и словно ощущал их гибкими «руками». Вот одна из этих «рук» стала вытягиваться и своим концом, похожим на большую кисть, провела по статуе. Легкий слой пыли, покрывавший скульптуру, исчез.

Шар двигался бесшумно и быстро, приближаясь к двум людям, стоявшим на пороге двери, но, не дойдя до них метров трех, он остановился. «Рука» протянулась к стене и нажала кнопку. Они увидели, как стоявшая здесь статуя сдвинулась с места, открыв нишу. Шар сложил «руки» и вошел в эту нишу. Статуя встала на место, скрыв ее от глаз.

— Обыкновенный андроид, — сказал Широков. — Я так и думал, что увижу что-либо подобное. Автоматизировать уборку помещений — это напрашивается само собой при достаточно высокой технике».

Сноской в романе разъясняется малоизвестный термин: «Андроид, или робот, — машина, механически имитирующая движения человека. Первый андроид был сделан еще в 1738 году Вокансоном (Франция)». Согласитесь, это несколько упрощенное понимание андроида, не правда ли?

Станислав Лем в монографии «Фантастика и футурология» (1970) уделил огромное внимание теме роботов и андроидов. Несмотря на прошедшие со времени выхода этой книги полвека, мысли польского фантаста остаются актуальными:

«Количество историй о роботах и андроидах огромно; однако ж своеобразия их психической жизни остаются тайной за семью печатями. По каким признакам мы узнаем андроида? По тому, что если ему отрезать палец, то кровь не потечет, а вместо кости и мяса мы увидим нейлоновые сосуды и тефлоновые жилы. Суставы и поршеньки. Психически андроид ничем не отличается от человека до такой степени, что может даже и сам не знать, что он не человек (к примеру, повествователь



ХИМИКИ И ЛИРИКИ

«Туннеля под миром» (1955) Фредерика Пола понятия не имеет, что он — созданный размером в несколько дюймов, живущий в городе из домиков с кукольными пропорциями, построенном на лабораторном столе для изучения эффективности рекламных компаний»).

Но именно психология, по мнению Лема, будет определять взаимоотношения человека с андроидами: «Вопрос психических, а отнюдь не связанных с материалом параметров, ограничивает все проблемное поле, так как с точки зрения этики нет никакой разницы между выставленным на любое помешение стальным андроидом и человеком из крови и кости, только, скажем, возникшим в результате эктогенеза, то есть выращенным эмбрионно в лабораторной колбе и ничем как личность не отличающимся от нас. Абсолютным повторением человека ни робот, ни андроид в таком случае быть не могут: миф гомункулуса, позднейшей реинкарнацией которого является вся обсуждаемая тема, концентрировался не столько вокруг рационального использования, каковое можно было бы получить от сотворения гомункулов, сколько вокруг проблем их креации, поскольку именно на этом сосредотачивается вызов, брошенный Творцу, да и всем верованиям, постулирующим сверхъестественный характер сотворения разумного существа.

С любой рациональной позиции проблема создания роботов или андроидов предполагает факт принципиально технологического характера. Возможно, их даже будут изготавливать конвейерным методом, если это окажется технически выполнимо и выгодно с хозяйственной точки зрения. В этих двух сферах мы в данное время обречены на непроверяемые гипотезы, то есть здесь может разместиться и фантастика с футурологическими амбициями. Отношение андроида к человеку и человека к андроиду будет, в свою очередь, — если таковое возникнет — определять группу параметров, реализованных технически: поскольку весь объем психозов андроида должен быть — это очевидно — детерминирован тем, как его запрограммировали и сконструировали. То есть здесь мы имеем совершенно исключительную ситуацию, при которой решения чисто технического характера переходят непосредственно в проблему, до сих пор имевшую чисто антропологический характер».

Лем в своей монографии рассматривал тему исключительно с позиции фантастической литературы. Однако сегодня точка зрения изменилась: вероятно, довольно скоро человек сможет встретиться с андроидами в реальной жизни. И тогда проблема поведения искусственных существ во всей своей полноте станет реальной!

Точку здесь поставил другой классик НФ — Карел Чапек. В его пьесе «Р.У.Р» («Россумские Универсальные Роботы», 1920) роботы на самом деле — классические андроиды. И в конце пьесы они, уничтожившие людей, попадают в ловушку человечности — открывают для себя любовь и новую страницу истории человечества.

**Владимир Борисов,
Александр Лукашин**



Фото: flickr.com / rionpine

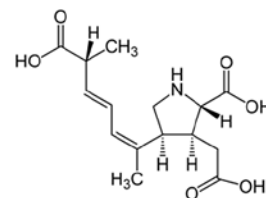
Нужно ли удобрять океан?

Немецкий геофизик и метеоролог Альфред Лотар Вегенер (1880—1930) известен как создатель теории дрейфа материков, участник и руководитель экспедиций по исследованию Гренландии (он погиб во время последней экспедиции). В его честь названы кратеры на Луне, Марсе и Плуtone, а также научно-исследовательский Институт полярных и морских исследований в Бременхафене. Институту принадлежит научно-исследовательское судно «Полярштерн» (нем. «Полярная звезда»). Широкую известность в конце первого десятилетия XXI века получил эксперимент сотрудников этого института по «удобрению океана». Они решили проверить, можно ли уменьшить парниковый эффект, вызванный углекислым газом, удобряя океан соединениями железа. Дело в том, что американский

океанограф Джон Мартин (1935—1993) ранее показал, что для роста планктона в поверхностных слоях океана необходимы микроколичества железа. Планктон (от греч. *πλανκτον* — блуждающий) — это совокупность водных организмов, которые передвигаются не самостоятельно, а с потоками воды; в их число входят фотосинтезирующие диатомовые водоросли. Чем больше планктона, тем интенсивнее фотосинтез, тем меньше углекислого газа остается в атмосфере. «Дайте мне танкер с солью железа, — заявил Мартин, перефразируя известное высказывание Архимеда, — и я верну на Землю ледниковый период!»

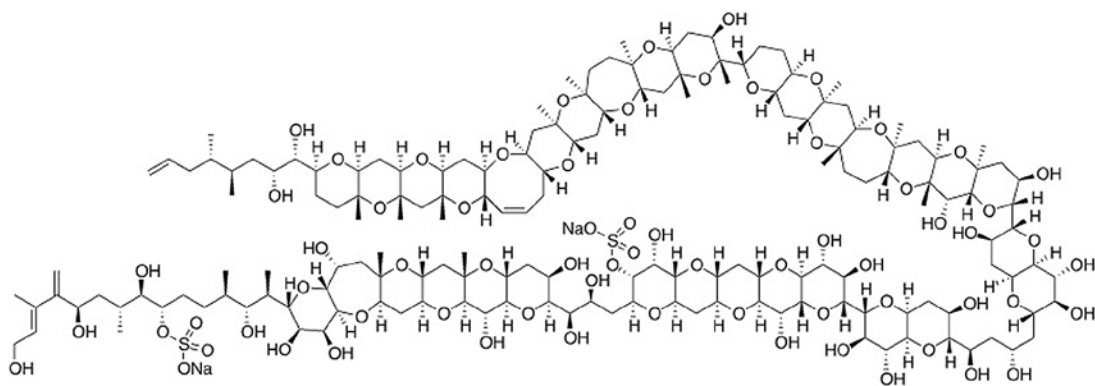
Теорию Мартина подтвердило мощнейшее извержение вулкана Пинатубо на севере Филиппин, которое произошло в несколько этапов в июне 1991 года и погубило не менее 845 человек. Пыль и пепел из вулкана поднялись

в атмосфере на десятки километров, последствия извержения ощущались во всем мире. По оценкам, с пеплом в океан попало 40 тысяч тонн железа. При этом снизилось содержание углекислого газа, растворенного в воде, что должно было привести к дополнительному его поглощению из воздуха. Отсюда следовало, что внесение в океан недостающего железа приведет к бурному размножению планктона, который будет поглощать из воздуха все больше углекислого газа, что уменьшит, а возможно, и обратит вспять глобаль-

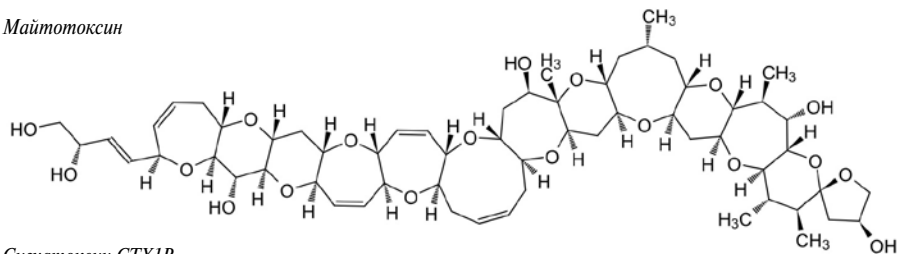


Домовая кислота

Продолжение. Начало в № 1—7.



Майтотоксин



Сигуатоксин CTX1B

ное потепление на планете! Как считал Мартин, естественного поступления железа в океан недостаточно. Хотя реки и ветры с пустынь ежегодно выносят в моря и океаны 850 млн тонн железа, этот биоэлемент находится в основном в нерастворимом, а следовательно, неусвояемом виде.

Мартин инициировал проведение в 1993 году эксперимента IronEx-I по удобрению океана растворимым в воде соединением железа. К сожалению, он ушел из жизни, не дождавшись результатов. А они как будто были убедительными: после того как к западу от Галапагосских островов в воду на площади 60 кв. км вылили раствор железного купороса, в течение недели планктон заполнил поверхностные воды, наблюдалось увеличение уровня хлорофилла и биомассы фитопланктона, а также эффективности фотосинтеза в обогащенных железом водах. Однако понижение концентрации углекислого газа в воде оказалось на порядок меньше по сравнению с тем, на что рассчитывали исследователи.

В последующие годы было поставлено еще несколько подобных экспериментов, в разных частях Мирового океана и в меньших масштабах. Один из них провела в начале 2009 года на корабле «Поларштерн» группа из 49 индийских и немецких исследователей. Он был назван LOHAFEX, от *loha* (железо на хинди) и англ. *Fertilization EXperiment* («эксперимент по удобрению»). В южной части Атлантического океана в холодные антарктические воды на площади 300 кв. км в течение двух с половиной месяцев внесли 20 тонн сульфата железа, содержащего (с учетом примесей) 6 тонн железа в растворимой форме. Для

эксперимента выбрали участок океана с преобладанием вертикальной циркуляции воды, иначе течения быстро распространили бы вещество по огромной территории. В результате содержание хлорофилла в воде увеличилось в два-три раза, и это было заметно даже из космоса. Хлорофилл синтезировался в основном пикофитопланктоном — крохотными синезелеными водорослями и цианобактериями размером всего 0,2—2 мкм. Однако эти клетки быстро поедались зоопланктоном.

Существовала и более важная причина, из-за которой не обнаружили заметного снижения концентрации углекислого газа в воде. Эксперимент проводили в водах с малым содержанием кремния. Это сильно ограничило рост диатомовых водорослей, панцирь которых состоит из SiO_2 . В целом же эксперименты показали, что для успешного фотосинтеза планктоном действительно необходимо присутствие в воде ионов железа. По разным оценкам, 1 кг железа в растворимой форме, в зависимости от условий, может в принципе способствовать изъятию из атмосферы от 3 до 83 тонн углекислого газа.

Понятно, что эти опыты вызвали ожесточенные протесты активистов Гринпис. Даже некоторые ученые высказались против продолжения таких масштабных экспериментов, и для этого у них были основания. Помимо ожидаемого снижения концентрации углекислого газа в атмосфере, результатом такого «подстегивания» жизнедеятельности в океане может стать чрезмерное размножение планктона, причем его последующее отмирание вызовет резкое снижение содержания кислорода в воде. А это, как известно на примере



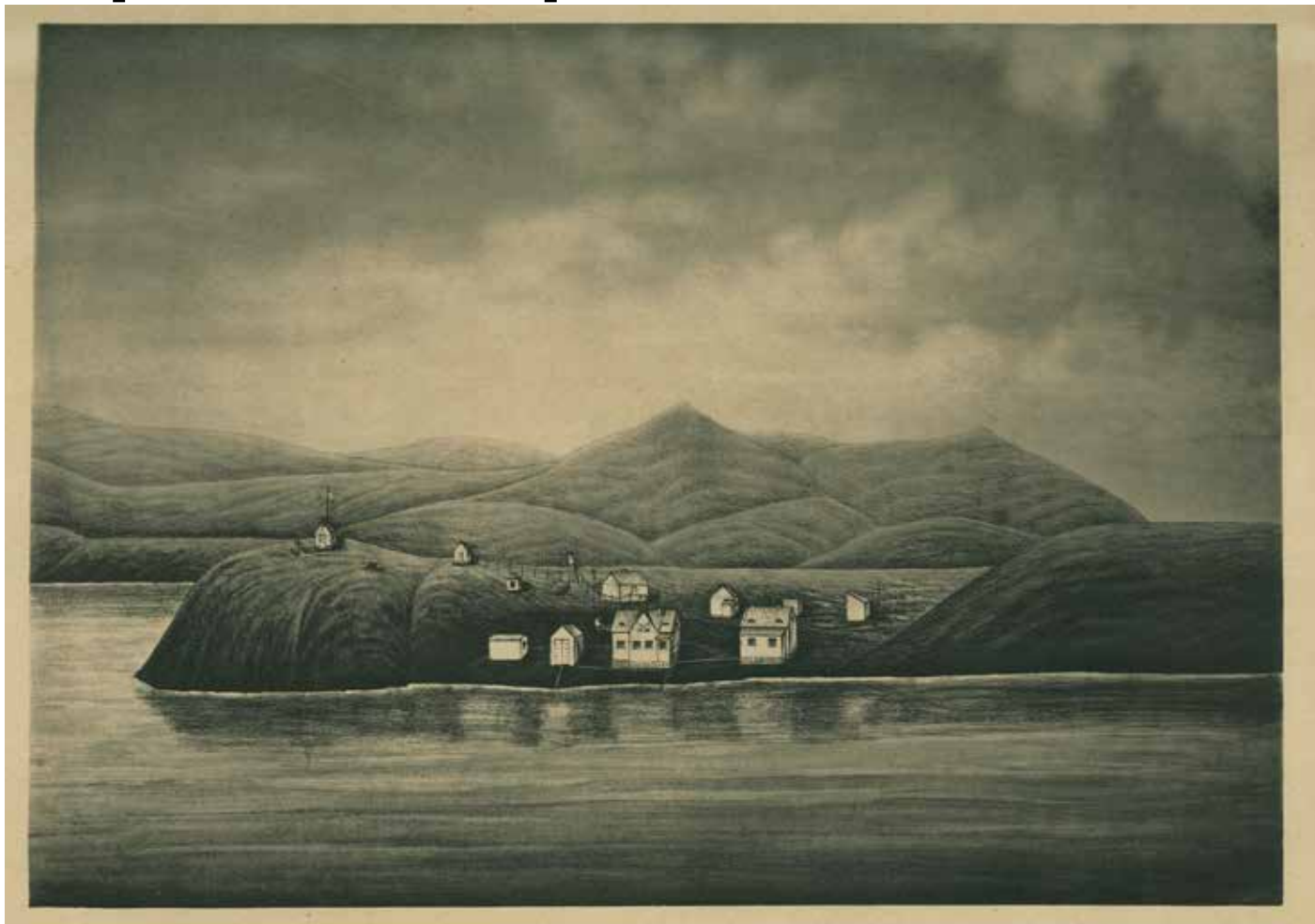
СТО ХИМИЧЕСКИХ МИФОВ

континентальных водоемов, в которых размножились водоросли, приводит к замору — массовой гибели рыб, вызванной недостатком кислорода в воде. Другим очень неприятным последствием может стать размножение в воде микроорганизмов, выделяющих яды (см. статью «Яды и токсины» в «Химии и жизни», 2001, 7). Известно, что самые ядовитые небелковые токсины были выделены именно из морских организмов. Так, некоторые одноклеточные жгутиковые в составе планктона (динофлагелляты) синтезируют исключительно ядовитые майтотоксин ($\text{LD}_{50} = 0,05$ мкг/кг!) и сигуатоксин ($\text{LD}_{50} = 0,35$ мкг/кг). Размножение этих одноклеточных сопровождается массовой гибелью рыб и других морских организмов, а также массовыми отравлениями людей, употребляющих в пищу морепродукты (яды накапливаются в рыбах и моллюсках).

Но и это не все. Некоторые диатомовые водоросли в подходящих условиях вырабатывают еще один сильный яд — домоевую кислоту. Отмечены массовые отравления морских животных домоевой кислотой на побережье Калифорнии. При попадании в организм человека домоевая кислота вызывает потерю кратковременной памяти и повреждения головного мозга, вплоть до смертельного исхода. «Удобрение океана» может привести к неконтролируемому росту диатомовых водорослей. Если такое произойдет в массовом масштабе, это сделает невозможным рыбный промысел в океане. Как сказал канадский океанолог профессор Чарльз Трик: «Люди, думая, что они хорошо понимают закономерности процессов в природе, на самом деле знают о них очень мало. Существует большая неопределенность в отношении любого более-менее масштабного эксперимента с природными экосистемами, которые мы ставим».

И.А. Леенсон

Первый полярный год в России



Кандидат
биологических наук
Н.В. Вехов

В последние несколько десятилетий много говорят о том, что наступает потепление Арктики, грядет настоящая экологическая катастрофа, изменение климата на планете, перестройка природных комплексов, затопление приморских районов и т. п. Современные методики исследования позволяют уловить тонкие механизмы, приводящие к подобным катаклизмам. Но современные исследования в Арктике, естественно, возникли и начинались не на пустом месте. В летописи ее освоения был рубеж, откуда началась современная наука изучения этой области Земли. Многие из прошлого представляются нам сейчас допотопным и смешным, однако это наша история, которую нужно знать.

Десять лет назад, в 2007—2008 годах, Земля отметила ударным научным трудом 4-й Международный полярный год (МПГ). Активное участие в нем принимала и Россия (см. «Химию и жизнь», 2007, 12). В этой связи было бы интересно вспомнить, с чего началась эра международных полярных исследований, когда состоялся Первый полярный год, какие страны в нем участвовали, кто был первым героем-полярником и каких результатов добились ученые в первом мировом проекте подобного уровня.

Мысль о комплексных исследованиях полярных областей планеты на основе широкого международного сотрудничества зародилась более 140 лет назад. В 1875 году известный австрийский полярный исследователь, первооткрыватель Земли Франца-Иосифа Карл Вейпрехт (см. «Химию и жизнь», 2002, 7) на заседании Академии наук в Вене, а затем на 48-й Ассамблее физиков и естествоиспытателей в Гарце в докладе «Основные принципы исследования Арктики» изложил свои соображения о том, какое значение для науки могут иметь одновременные метеорологические и магнитные наблюдения в различных пунктах вокруг Северного полюса.

Вместе с камергером австрийского двора, одним из богатейших землевладельцев Австрии, ученым и меценатом графом Гансом Иоганном Вильчеком он разработал «Программу исследований международной полярной экспедиции». Понимая важную роль полярных областей в формировании климата планеты, Вейпрехт обнародовал свой план замены случайных арктических экспедиций систематическим исследованием,

Вверху: Русская полярная станция в Малых Кармакулах на Южном острове Новой Земли. Гравюра из книги: Экспедиция Императорского Русского географического общества. Труды русской полярной станции на Новой Земле. Ч. 2. СПб., 1886



Художник А.А. Борисов

Становище Малые Кармакулы на Новой Земле

предлагая создать вокруг Северного полюса кольцо станций для круглогодичных стандартных наблюдений — с помощью одинаковых приборов и по единым методикам. Через четыре года этот проект был принят на Международном метеорологическом конгрессе. Согласно его решению, в 1882—1883 годах должно было начаться небывалое мероприятие — Международный полярный год.

К сожалению, инициатор этого уникального проекта Карл Вейпрехт скончался за год до начала работ МПГ от туберкулеза, полученного во время его последней арктической экспедиции, а вся практическая и организационная работа, как и сами мероприятия, проводилась под руководством Международной полярной комиссии. После 1880 года ее возглавлял швейцарец на русской службе, физик и геофизик, доктор философии Цюрихского университета, директор Главной физической обсерватории, академик Императорской Санкт-Петербургской академии наук Генрих Иванович Вильд.

Участниками 1-го МПГ стали 12 стран — Россия, США, Канада, Норвегия, Финляндия, Великобритания, Франция, Германия, Австрия, Дания, Нидерланды и Швеция. Они организовали 13 станций в Арктике и две в Антарктике (на мысе Горн и острове Южная Георгия) для геомагнитных и метеорологических исследований, в том числе наблюдения полярных сияний. Это был первый опыт международного научного сотрудничества мирового масштаба в области метеорологических наблюдений, измерений температуры почвы и морской воды, изучения геомагнитного поля и наблюдений полярных сияний.

Первого августа 1881 года в Петербурге на заседании Международной полярной комиссии под председательством Г.И. Вильда был установлен общий для всех срок начала и



Карл Вейпрехт



Юлиус Пайер — соратник Карла Вейпрехта по арктическим экспедициям и один из первооткрывателей Земли Франца-Иосифа



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

окончания синхронных наблюдений — с августа 1882 года по сентябрь 1883-го, утвержден окончательный вариант программы наблюдений Международной полярной экспедиции, и было принято решение о производстве ежечасных наблюдений в постоянных обсерваториях (полярных станциях), «по единому плану, едиными методами и, по возможности, единообразными приборами и инструментами».

Согласно программе 1-го МПГ, Россия обязалась обустроить две полярные станции, на Новой Земле и в устье реки Лены. В подготовке станций участвовали Академия наук, Императорское русское географическое общество (ИРГО), несколько министерств (морское, военное и внутренних дел), Гидрографический департамент, Военно-топографический отдел (в Иркутске) и Технологический институт. Перед отправкой на полярные станции участники будущих экспедиций прошли подготовку в Пулковской астрономической, Главной физической и Павловской магнитно-метеорологической обсерваториях. Здесь же проходила проверка магнитных и метеорологических приборов для будущих наблюдений.

Коллективы зимовщиков на первых полярных станциях все страны подбирали по определенным правилам. Это были офицеры морского флота, привычные к тяготам походной жизни и готовые к любым испытаниям, к службе на берегу вдали от родных мест. А также к строгому расписанию, производству необходимых наблюдений и несению вахт.

Это рассказ о полярной станции на Южном острове Новой Земли, на берегу залива Моллера. Пятью годами ранее там было организовано становище Малые Кармакулы, от которого и произошло название полярной станции 1-го МПГ.

Начальником полярной станции на Новой Земле стал лейтенант Константин Петрович Андреев (1853—1919), военный гидрограф, выпускник Морского корпуса и Николаевской морской академии, его помощниками были назначены лейтенант Леонид Францевич Гриневецкий, военный врач, и мичман Д.А. Володковский. В экспедиции участвовали директор (заведующий) морской обсерватории в Кронштадте Виктор Егорович Фусс; наблюдатель — студент Петербургского университета Н.В. Кривошея, четверо матросов Кронштадтского порта и один рабочий. На устройство и содержание станции на Новой Земле государственное казначейство отпустило 20 000 рублей.

В ночь на 4 августа 1882 года пароход «Чижов» доставил из Архангельска в залив Моллера будущих российских зимовщиков. Выгрузив снаряжение и личные вещи, экспедиция К.П. Андреева разместилась в доме спасательной станции, которая была построена еще в 1877 году, и немедленно приступила к обустройству жилищ, сборке необходимых строений и приспособлений. Полярную станцию на Новой Земле оснастили по соответствующим тому времени стандартам для метеорологических наблюдений. На ее территории были керосиновый и шлюпочный сараи, дом для членов экспедиции, астрономический павильон для абсолютных наблюдений, вариационный павильон, дом для команды, баня, кузница и хлев, а также грядка для почвенных термометров.



Вид метеостанции «Малые Кармакулы» в наши дни

Местность вокруг станции была занята арктическими тундрами — холмистая, с множеством невысоких гряд, мелких озер и небольших рек. Почти все лето над ней висел низкий туман и шли частые, морозящие дожди. Станцию возвели на прибрежной гряде, откуда открывалась живописная панорама залива Моллера, вход в который от штормовых западных ветров закрывали несколько скалистых островов.

Метеонаблюдения на станции в Малых Кармакулах начались уже 20 августа (1 сентября по новому стилю). Вот что писал в своем отчете начальник станции К.П. Андреев. Ежедневно «ровно за 10 минут до каждого полного часа Геттингенского времени отсчитываются: ртутный барометр и 2 анероида, помещенных в моей комнате, анемометр и флюгер на крыше, далее сухой и мокрый шарик, гигрометр, минимальный термометр в метеорологической будке, поставленной в 12 саженях от вариационного павильона, затем поверхностный почвенный термометр, на глубине 0,4 метра, а в 10 часов утра Геттингенского времени еще термометры на глубинах 0,8 и 1,6 метра, помещенные у метеорологической будки. Все метеорологические наблюдения производятся в течение 7 минут. За 3 минуты до полного часа вахтенный должен быть в вариационном павильоне, где будет производить магнитные наблюдения, согласно инструкции».

По заключению отечественного ученого, участника и инициатора многих русских полярных экспедиций и программ В.Ю. Визе, экспедиция К.П. Андреева на Новую Землю «выполнила все стоящие перед ней задачи». Результаты наблюдений этой станции оказались крайне важными для будущих исследований и практического использования акваторий Северного Ледовитого океана, например для функционирования Северного морского пути, поскольку характеризовали интенсивные атмосферные и другие природные процессы в зоне так называемого Арктического фронта, на контакте различных воздушных масс воздуха из умеренного пояса и высоких широт. Была выяснена специфика ветров на Новой Земле, в частности довольно подробно описана знаменитая новоземельская борá, которая нередко мешает наблюдениям, не позволяя покидать жилые помещения, и осложняет мореплавание.

Первые в истории регулярные зимовки поставили ряд насущных проблем, которые предстояло решать уже будущему поколению исследователей полярных областей Земли. Так, например, выяснилось, что многие приборы, обычно используемые в те годы в метеорологии и разработанные для условий средних широт, не приспособлены для Арктики, они то и дело зашкаливали. Требовались специальные метеоприборы для высокоширотных измерений.

Еще один вопрос — адаптация человека к условиям высоких широт. Врач новоземельской станции Л.Ф. Гриневецкий внимательно следил за состоянием здоровья зимовщиков. Ведь тогда еще ничего не было известно о том, как влияют на человека экстремальные температуры и морозы, многомесячная полярная ночь, сполохи северного сияния. Не знали и о такой проблеме, как морально-психологический климат в небольшом коллективе, надолго изолированном от других людей, — с ней человечество столкнется уже совсем скоро, через



Фото: Дмитрий Козловский

Здание метеостанции «Малые Кармакулы»



Фото: Андрей Литвинов



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

согрел помора спиртом, организовал за ним круглосуточное наблюдение; но когда у того обнаружилась «госпитальная гангрена», впервые в практике отечественных арктических путешествий, пользуясь только подручными средствами, сделал операцию — ампутировал ему ногу, чтобы заражение не распространилось дальше. Смерть Тискова очень тяжело подействовала на самого Гриневецкого.

В каждой экспедиции среди командного состава были любознательные люди, которые стремились выйти за рамки узких задач, стоявших перед зимовщиками и обозначенных программой МПГ. Так, врач Л.Ф. Гриневецкий заинтересовался географией Новой Земли. Уникальность этого места заключается в том, что западный берег архипелага омывается водами относительно теплого Баренцева моря, а восточный — ледовитого Карского. Эти обстоятельства существенно влияют и на климат, и на условия судоходства в данной части Арктики, что важно при организации и функционировании трассы Северного морского пути.

С первых дней пребывания на архипелаге Гриневецкого постоянно тянуло в глубь неизведанной тогда суши. Но, не зная еще всех особенностей природы и климата Новой Земли, Леониду Францевичу пришлось постигать их по наитию, все испытывать на себе. Вместе с ненцами-проводниками на нескольких собачьих упряжках весной 1883 года доктор Гриневецкий впервые в истории освоения и изучения Новой Земли пересек Южный остров — с западного (баренцевоморского) берега на восточный (карский). Для жителей становища подобные поездки на богатую дичью карскую сторону были обычным делом. А вот путешественникам-исследователям этого не удавалось сделать, хотя участники более ранних экспедиций, начиная с А.К. Цивольки в 1839 году, не раз пытались пересечь Новую Землю с запада на восток и тем самым закрыть белые пятна на географической карте архипелага. Участие в исторической высокоширотной эпопее принесло Леониду Францевичу славу арктического первопроходца и знатока новоземельской природы.

Знакомясь с записями Леонида Францевича, я узнал, что он вынашивал план поездки на карский берег еще в Петербурге. Историческое путешествие Гриневецкого «поперек Новой Земли» началось 24 апреля в 10 ½ часов вечера (8 мая по новому стилю). В сопровождении двух самодов-проводников Гриневецкий двинулся на четырех санях, запряженных 22 собаками. «Погода стояла тихая, прекрасная; температура была -4°; собаки бежали весело, игриво, и мы довольно скоро продвигались вперед.

Но на то и обманчивы новоземельская погода и тем более почти неизвестный рельеф местности — в дальнейшем все стало не так легко. «По берегам нельзя было идти, потому что они были пересечены глубокими оврагами, вследствие чего приходилось спускаться в реку, с тем, чтобы через несколько десятков шагов снова подняться на берег». По этим причинам за первый день Леонид Францевич с самодовами преодолел не более 20 верст, а сколько было еще впереди — неизвестно.

два-три десятилетия, когда начнется создание дрейфующих полярных станций и организация сети постоянных станций. У Гриневецкого не было возможности опереться на чужой опыт. Вот что пишет В.Ю. Визе об одном эпизоде, закончившемся трагически. Во время зимовки у матроса Тискова случился нервно-психический срыв. Он вдруг «начал тосковать, впал в мрачную меланхолию и в конце концов порешил покончить жизнь самоубийством. Заранее приготовив доски для гроба, Тисков в сильный мороз вышел из дому и, раздевшись, лег на снег. На следующий день он был найден своими товарищами со слабыми признаками жизни. В результате обморожения у Тискова появилась гангрена, которая стала быстро распространяться, и, несмотря на произведенную ампутацию одной ноги, он через несколько дней скончался». Дополнить эту картину могут записи участника экспедиции Н.В. Кривошеи. В своих путевых заметках он писал, что, когда несчастного на санях привезли на станцию, Гриневецкий сначала оттер и



Фото: Сергей Гусев

Характерный пейзаж вокруг метеостанции «Малые Кармакулы»



Фото: Сергей Чуркин

Постоянно приходилось спускаться с крутых берегов к реке и снова подниматься, чтобы преодолеть каньоны и ущелья, часто чинить ломающиеся на камнях нарты, а также разбираться в путанице ручьев и озер, и все это замедляло и без того небыстрый ход санных упряжек. Нелегкими оказывались и погодные условия, при которых проходил весь маршрут. Температура воздуха ночью понижалась даже до -27°C , обычны были туманы, пурга, метели. Не было у Гриневецкого и теплой одежды, да и условия ночевки оставляли желать лучшего. Ненцы привычны к ночевкам на снегу, но Леонид Францевич все же не рисковал спать с ними на морозе. Самоеды соорудили ему «шалаш» — поставили на попа трое нарт и накинули на них парусину. «Я, несмотря на теплый самоедский костюм, в эту ночь ужасно продрог: шалаш мой, в который можно было всунуть только голову и плечи, мало защищал от ветра, вдобавок был еще и дырявый». Уже после возвращения в Петербург Леонид Францевич писал: «С величайшими усилиями, подвигаясь вперед теперь уже по совершенно ровной местности, к вечеру (29 апреля. — Примеч. автора) мы вступили в русло небольшой речонки. <...> Ханец объявил мне, что эта река приведет нас к чуму, т. е. что это и есть река Савина (по контурам долины реки Савиной, выходящей на карский берег Новой Земли, ненцы ориентировались, когда ехали на восточный берег архипелага на охоту за оленями и тюленями. — Примеч. автора)». Однако, «проехав несколько верст по этой реке, мы принуждены были остановиться на привал, ибо все собаки попадали и не могли идти дальше» от усталости и голода. «Жалко было смотреть на бедных животных, изнуренных голодом и непомерным трудом, да еще к тому же с изодранными лапами».

Ничего не изменилось и 30 апреля, на четвертый день пути. «Положение наше было очень скверное, ибо гибель собак была неизбежна». Но путешественников выручили охотничий навык и меткий выстрел одного из проводников, Прокопия Вылки, которому удалось выследить и добыть оленя, «и так, собаки были спасены. <...> Накормив собак вволю, мы немедленно двинулись дальше. По реке уже нельзя было продолжать путь, ибо отвесные шиферные берега ее стали уже высотой до трех саженей и были завалены неровными заносами. <...> По нашему расчету, мы должны были быть в чуме еще вчера, т. е. на четвертый день по выходе со станции; однако ж вот уже 5-й день на исходе, а до чума еще не добрались». Несмотря на заверения самоедов, что море и чум где-то рядом, Леониду Францевичу стало ясно, что они «сбились с пути. Продолжать же свои блуждания по безвестной, мрачной пустыне с целью отыскания чума было

По таким занесенным снегом долинам рек и ручьев пробирался на карский берег Л. Ф. Гриневецкий

невозможно, вследствие изнеможений собак и полнейшего отсутствия каких-либо признаков оленей». Вдобавок ко всем бедам «последние дрова вышли у нас еще вчера вечером, так что уже сегодня днем мне пришлось отведать сырой свежей оленины. Хотя у меня и был достаточный запас консервов, хлеба и жареного мяса, но на холоде все это так промерзло, что при попытке отрезать чего-либо все крошилось в порошок. <...> Это еще было бы ничего, но невозможность согреть чаю составляло для меня решительное бедствие».

Отчаявшись, Леонид Францевич принял решение наутро бросить двое саней и часть собак и возвращаться в Малые Кармакулы. Однако, на их счастье, тем же утром на них случайно набрел зимующий на карском побережье самоед Алексей Летков, отправившийся из своего зимовья на поиски сделанного им ранее склада с олениным мясом. Итак, на восьмые сутки Гриневецкий оказался на карском берегу, близ устья реки Савиной. Пробыв в гостеприимном стойбище самоедов два дня, 4 мая он с проводником отправился в обратный путь, и 9 мая отважные путешественники прибыли в Малые Кармакулы. Так удачно завершился беспрецедентный 16-дневный поход через глубинные районы Южного острова с западного берега на восточный.



Заболоченный участок тундры близ метеостанции

Фото: Сергей Гусев



Фото: Сергей Астахов

Запуск метеозонда

Зимовка и научные исследования по программе 1-го МПГ на Новой Земле завершились успешно. Двадцать девятого августа 1883 года в Малые Кармакулы прибыла шхуна «Полярная Звезда», присланная Морским ведомством, а 2 сентября зимовщики покинули Новую Землю и возвратились на материк. По возвращении из экспедиции Л.Ф. Гриневецкий выступил с



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

докладом о своем походе и результатах наблюдений, который был встречен с необычайным интересом. Впервые он описал центральную область суши Новой Земли, остававшуюся доселе «белым пятном» на географических картах, отметил главные особенности рельефа местности — характер горных цепей и вершин, долин рек и озер, существенные климатические различия между более теплым западным побережьем и холодным восточным. Деятельность Гриневецкого была оценена по достоинству. В 1886 году его наградили орденом Святого Владимира 4-й степени, а Русское географическое общество избрало Гриневецкого своим действительным членом и вручило Большую серебряную медаль. Ту же награду получил и К.П. Андреев.

Основанная в 1882 году полярная станция после завершения МПГ была оставлена зимовщиками и использовалась самодельными становищами Малые Кармакулы. В 1896 году здесь была организована и начала действовать метеостанция, ныне называемая «Метеорологическая группа Малые Кармакулы» Северного управления Гидрометеослужбы РФ. Она функционирует до сих пор и уже более 120 лет сообщает на материк сведения о погоде в этом секторе Арктики.



Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН

19 – 21 ноября 2018 года

**Ежегодный открытый
конкурс–конференция научных работ
«ИНЭОС OPEN CUP 2018»**

Для участия в конкурсе принимаются экспериментальные и теоретические работы в области химии элементоорганических соединений, высокомолекулярных соединений, органической химии, а также физико-химических методов исследования строения вещества. Работы для участия в конкурсе–конференции «ИНЭОС OPEN CUP» проходят двухуровневую экспертизу независимым жюри конкурса. На первом этапе жюри оценивает присланные работы и по результатам оценок формирует программу второй (очной)

части конкурса, а также отбирает работы для публикации в специальном сборнике «ИНЭОС OPEN SELECT». Программа конкурса предусматривает также устные доклады и стендовую сессию с представлением результатов научно-исследовательских работ молодых ученых. Работы, имеющие выраженные прикладные перспективы, будут выделены в отдельную сессию очной части конкурса «ИНЭОС OPEN APPLIED», после которой состоится круглый стол «Фосфорорганические соединения и полимеры: от теории к практике».

Победителей конкурса ждут три главных премии и Гран-при – премия имени М.Е. Вольпина, а также поощрительные призы для иногородних участников конкурса.

Подробная информация о конкурсе на сайте www.ineos.ac.ru
Конкурс-конференция молодых ученых и специалистов
<http://ineos.ac.ru/competitions/young>

А все-таки она репа! Перуанская мака

В горах Южной Америки, на высоте 4000—4500 метров над уровнем моря, растет мака — единственное культурное растение семейства капустных во всех Андах. На такой высоте очень сильный ветер, яркий свет, низкое давление, а максимальная температура не превышает 12°C. Естественно, инки ценили съедобное растение, способное существовать в подобных условиях, и 1300—2000 лет назад стали выращивать его специально.

Больше всего мака напоминает репу. Ее подземная часть, которую называют корнем или клубнем, на самом деле представляет собой утолщенные корень и гипокотиль — часть стебля между корнем и надземной частью растения. Клубень водянистый, 10—14 см в длину и 3—5 см в ширину. Современная перуанская исследовательница Глория Чакон насчитала 13 вариантов окраски клубня: от кремового до пурпурного, почти черного. Цвет зависит от содержания каротиноидов и антоцианов в кожуре. Варианты отличаются также биохимическим составом, однако его во многом определяют условия произрастания. У исследователей наиболее популярны красные, желтые и черные клубни. Желтая мака — самая сладкая.

Инки использовали маку так же, как во всем мире обходятся с клубнями и корнеплодами: варили и жарили, запекали в золе, делали кашу и сладкий напиток макачичу. Похоже, за века традиционные рецепты не изменились. Чтобы сохранить урожай, клубни высушивают на воздухе. Они съеживаются, становятся твердыми как камень и в таком состоянии хранятся много лет.

Жители высокогорья не избалованы разнотравьем. Неудивительно, что маку использовали как лекарственное растение, помогающее преодолеть стресс и усталость, ранозаживляющее средство, обезболивающее при ревматизме и слабительное. Макой лечили анемию и респираторные заболевания. Воины ели ее перед боем, чтобы добавить себе силы и выносливости. А еще инки считали, что мака повышает плодovitость людей и скота.

Питательная трапеза действительно смягчает стресс и прибавляет сил, в том числе и на размножение. В свежем клубне маки более 80% воды, зато в сушеном — около 10%, примерно столько же белков, 2,2% жиров разной степени ненасыщенности и 59% углеводов, пищевые волокна. Среди макро- и микроэлементов стоит отметить железо, калий, кальций и медь. Клубни содержат витамины: тиамин, рибофлавин и аскорбиновую кислоту, фитостеролы и алкалоиды. Именно алкалоиды считают ответственными за лекарственное действие маки.

Испанские завоеватели уже в середине XVI века обратили внимание, что местные жители едят какие-то корни. Об их лечебных свойствах они тоже были наслышаны, даже ввели налог макой и кормили клубнями скот, чтобы увеличить его плодovitость на большой высоте. Видимо, существенного улучшения испанцам добиться не удалось, потому что столицу вице-королевства Перу вскоре перенесли из города Хаху, расположенного на высоте 3410 метров, на побережье, в Лиму, отчасти потому, что скотина в горах размножалась плохо.

О свойствах маки увеличивать плодovitость писал в своей знаменитой книге «История Нового Света» испанский миссионер и натуралист Бернабе Кобо (1580—1657), упоминал о ней и ботаник Иполито Руис Лопес (1754—1816), руководивший в 1777—1788 годах Ботанической экспедицией в вице-королевство Перу. Тем не менее интерес к маке все слабел, и со временем ее посевы сократились настолько, что в 1982 году маку сочли исчезающим культурным растением.



А в 1990-х начался бум. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН рекомендовала маку наряду с другими андскими культурами для борьбы с недоеданием, ею заинтересовались ученые. Перуанская фармацевтическая компания Quimica Suiza вложила более миллиона долларов США в разработку пищевой добавки Masa Andina. Маку в виде капсул, муки, ликеров и экстрактов стали экспортировать во многие страны мира, в том числе в Европу, Северную Америку и Японию. Китайцы взялись ее выращивать сами, в провинциях Юньнань, Синьцзянь и на Тибете объемы производства скоро превзойдут перуанские.

Мака, особенно черная, ассоциируется у китайских медиков с почками. Этот орган отвечает за хранение энергии Цзин и поток энергии Ци, которые связаны с сексуальными проблемами мужчин и женщин. С возрастом функции почек ослабевают, однако есть средства, позволяющие смягчить эффект. Большинство этих препаратов редки и дороги, мака существенно дешевле и доступнее.

Согласно перуанским традициям, подтвержденным лабораторными исследованиями и весьма немногочисленными клиническими испытаниями, экстракты из клубня маки увеличивают количество спермы и ее подвижность, восстанавливают сперматогенез, в том числе нарушения, вызванные пребыванием на большой высоте. Причем, согласно последним данным, так действует черная мака, эффект желтой маки слабее, а красная тут вовсе бесполезна. Зато ею лечат гиперплазию простаты. Мака усиливает половое влечение и помогает при эректильной дисфункции, не влияя при этом на уровень мужских половых гормонов, в частности тестостерона.

У женщин мака смягчает неприятные симптомы, сопровождающие менопаузу, в том числе остеопороз, при котором кости становятся легкими и ломкими. Такие заболевания лечат гормональными препаратами, но при этом увеличивается риск развития рака матки и молочной железы. Мака стимулирует синтез эстрогенов без побочных эффектов.

Мака — адаптоген и антидепрессант. Жители высокогорья считают, что она помогает школьникам лучше сдать экзамены. Об этих свойствах растения хронисты не писали, однако исследователи, работавшие с грызунами, отмечают, что животные, которым давали маку, лучше выполняют некоторые задания.

Ученые предположили, что мака, растущая высоко в горах, должна быть устойчива к ультрафиолетовому излучению и помогать другим обрести эту устойчивость. Экстракты маки действительно защищают выбритую кожу грызунов от пигментации и других неприятных последствий, вызванных ультрафиолетом.

Клинические исследования свойств маки немногочисленны, поэтому окончательные выводы делать рано. Это признают даже перуанские ученые, весьма заинтересованные в результатах, тем не менее они уверены, что мака, безусловно, лекарственное растение, полезное не только фермерам и продавцам, но и потребителям. Недаром ее называют андской виагрой и



ПАНАЦЕЙКА

перуанским женьшенем. Однако независимые специалисты полагают, что потребителям следует все-таки быть начеку.

Начнем с проблем систематики. Дикорастущую перуанскую маку описал в 1843 году ботаник Герхард Валперс и назвал *Lepidium meyenii* в честь немецкого ботаника Франца Мейена (1804—1840), изучавшего перуанскую флору. В 1960-х Глория Чакон доказала, что мака, которую ели инки, не просто культурный вариант маки дикорастущей, а другой вид, *L. peruvianum*. Виды действительно различаются по составу химических соединений и последовательности ДНК, причем *L. meyenii* растет в разных районах Анд, а *L. peruvianum* — исключительно в перуанских Андах. С этим мнением согласны многие систематики, но не все, так что растение, называемое *L. meyenii*, может быть настоящей перуанской макой, а может и не быть, и нельзя сказать с уверенностью, какой вид в данном случае исследовали специалисты и что предлагают производители.

Как условия культивирования влияют на состав продукта, тоже неизвестно. В Китае считают, что американская мака лучше китайской. Большой спрос привел к стремительному расширению плантаций, использованию удобрений и пестицидов, и клубни, выращенные на таком поле, отличаются от собранных в перуанских горах. Пожалуй, низкое качество продукта — основная опасность при его использовании.

И поскольку речь зашла о биологически активных компонентах маки, заметим, что механизмы ее действия до сих пор неизвестны. Некоторые специалисты предполагают, что целебными свойствами обладают особые соединения макамиды — амиды жирных кислот маки перуанской. Макамиды есть только в *L. meyenii*. В свежих клубнях макамидов нет, они образуются в результате высушивания на воздухе или в специальных сушилках. В разных клубнях содержание макамидов может различаться в несколько раз, поэтому о стандартных препаратах говорить не приходится. Впрочем, роль этих соединений еще надо доказать.

Данные лабораторных исследований и клинических испытаний трудно сравнивать, потому что ученые используют разные препараты, дозы и методы. В итоге информации об эффективных дозах, продолжительности и частоте приема, необходимых для терапевтического эффекта, все еще нет. Неизвестно, какой именно экстракт, водный или спиртовой, окажется полезнее. Возможно, лучше использовать не экстракт, а цельную маку.

Многие исследования выполнены в одной и той же лаборатории, порой без должных контролей и на маленькой выборке, поэтому результаты не всегда убедительны. Так, симптомы менопаузы оценивают обычно с помощью вопросников, ответы на которые могут быть субъективными.

Данные, которыми сейчас располагают специалисты, не позволяют прийти к однозначным выводам о целебных свойствах перуанской маки, однако считать ее бесполезным растением тоже нельзя. Скорее всего, перуанская мака — это питательное растение, которое поддерживает силы жителей высокогорья, делая их устойчивее к стрессам и действию больших высот. Кстати, не все фермеры Анд верили, что мака увеличивает плодovitость. Ее ели, чтобы добавить себе бодрости, но не мужской силы. И никакая она не виагра, а просто перуанская репа.



Художник П. Перевезенцев

Н.Ручкина



Синицыны птицы

Наталья Чернышева

...Качели замирают в высшей точке и стремительно падают вниз, останавливая время и сердце. Пыльный, выщербленный асфальт встает перед глазами. Обратным движением — вверх! Ступни в красных сандаликах втыкаются в облака. Ух!

Внезапный оборот «солнышком». Головой вниз-вперед, шортики скользят по предательски скользкой дощечке, отполированной до блеска дворовой ребятней. Пальцы, не выдержав, разжимаются — медленно-медленно. И так же медленно наплывает грибок детской песочницы. Яркий. Красный с белым. Мухомор.

Огромный мир и большая рука, подхватила и — держит, держит... Лицо юной великанши с седыми бровями и темной родинкой на левой щеке.

— Катерина! — Плеткой хлещет нелюбимый голос. — Домой!

Ладонь подбрасывает: лети. Ветер в спину, свист крыльев, больно бьет в пятки земля. Мир вновь замыкается тесным колодцем двора.

Аниверова вскинулась на своей постели в холодном поту. Эхо уходящего кошмара дрожало в пальцах, ползло по спине холодной липкостью. Бешено частило сердце. Что конкретно приснилось, не помнила.

Что-то.

Страшное.

Аниверова нашла босыми ногами тапки, встала, дернула со спинки кровати пушистый халат. В окнах синело серединой ночи; взгляд на часы — половина второго. Май.

Вид с балкона открывался на залив. Чистый, промытый вчерашним дождем воздух, тонкий, с горчинкой, запах Treasure, громадный гулкий простор, от края до края. Раскинуть руки, два шага, взлететь в эту полуночную синь, раствориться в хмельном движении полета навсегда... Н-да. Двадцать пятый этаж. Отсюда если и взлетишь, то только один раз. И вниз. Мокрое некрасивое пятно, анатомичка, жадное любопытство зевак...

Аниверова резким движением затушила сигарету. Не для того она шла к личному успеху столько лет, чтобы из-за глупой блажи расплескать мозги по асфальту. Она поднялась буквально со дна, сделала себя сама, ставила для себя недостижимые на первый взгляд цели и добивалась их — сама. Не через постель и не через наследство богатенькой тетушки (дядюшки, бабушки... etc.). Сама. Чего ей это стоило, знала только она одна.

Глухой всплеск, и круги по темной, даже на взгляд холодной, воде...

Нет.

Это было давно.

Это было не с нею.

Этого не было вообще!

Она поняла, что не уснет, после очередного — двадцатого? — переворота на другой бок. Протянула руку, взяла с прикроватной тумбочки планшет.



ФАНТАСТИКА

Мельком новости... На юге и в Африке война, курс доллара снова поднялся, Равшана Куркова свозила маму на Мальдивы, погода: +15, завтра +18, слабый дождь. Гороскопы: «Не стоит брать на себя дополнительные обязанности или пытаться решить сразу несколько проблем, сегодня такой подход не будет иметь успеха. День хорош для совместной работы, однако лучше выбирать в напарники только проверенных людей: это время не годится для создания новых коллективов».

Закладка на собственный блог в Живом Журнале.

Меня читают успешные люди

Хороший заголовок. Хороша и фотография на закреплённой записи: подтянутая красавица в купальнике на пляже с разноцветной галькой, рядом с молоденькой сосенкой. Пицунда. Аниверова любила Пицунду. Могла поехать на те же Мальдивы хоть завтра, но Пицунда — это Пицунда. Вам не понять.

— Ваш любимый женский образ в киноискусстве?

— Кэтрин Трэмелл

Накал страстей по последней записи на беспроегршную нынче политическую тему заметно утих. Нехорошо, надо подумать, что к вечеру вбросить. Чтоб их проняло, чтобы завертелись ужом. Комментарии глубже первого-второго уровня Аниверова никогда не читала, но гроздя прицепленных к изначальному высказыванию ответов доставляли некое извращенное удовлетворение, от которого просто так не откажешься. Особенно рьяное быдло конечно же приходилось стирать и банить, ну и что. Даже хорошо. Это была власть. Власть и наслаждение в одном флаконе, пусть виртуальные, но все же. Дополнительный бонус к реальной жизни.

В реале завтра будет рекламная киносъемка.

На этой мысли Аниверова закрыла глаза и уснула. Планшет выпал из разжавшихся пальцев на одеяло и через минуту отключился сам.

Звали ее Синицей. Никто не знал, откуда она взялась. Поговаривали, будто в лихие девяностые девочке поставили неизлечимый диагноз и мать, доведенная до отчаяния нищетою, к которой добавлялся теперь еще и астрономический счет за лечение, привела дочь на мост через Обводный канал и столкнула ее вниз. Дело было зимой, слякотным и дождливым декабрем, вода в канале еще не замерзла, хотя и схватывалась по утрам тонким ледком. Девочка как-то спаслась, но посела и навсегда осталась в детстве, в своих одиннадцати годах. Судя по тому, сколько уже лет она неприкаянно бродила по дворам, никакого неизлечимого диагноза не было и в помине. Врачи ошиблись.

А Синицей блаженную прозвали за любовь к птицам, прежде всего именно синицам, хотя слетались к ней все проживавшие во дворе пернатые. Даже вороны.

Ворон, впрочем, Синица не любила. Не била, не пинала, но брезговала, сторонилась, отворачивалась от них. Так иные люди на червей смотреть не могут, на опарышей и прочую склизкую гадость. Вороны, самое что смешное, это понимали. Никогда не подходили близко, держались на расстоянии, уныло каркая. Но и улететь по своим делам отчего-то не могли.

Взрослые обходили дурочку стороной, пряча глаза. Дети... дети любили. До определенного возраста. Рано или поздно наступал момент, когда вчерашний ребенок внезапно осознавал весь неловкий стыд общения с сумасшедшей. И детство отворачивалось от него, как от мокрой вороны, — навсегда...

— Да. Что хотите. Как хотите! — рубила Аниверова в телефон. — Вырезать. Что? Значит, переснять! Никаких альтернатив. Нет. Да, понимаю. Готова нести расходы. Жду завтра.

Отключила телефон, бросила его на стол. Свела вместе кончики пальцев, чтобы успокоиться. Ну почему? Почему, стоит им только начать хорошо зарабатывать, их тут же раздувает до размеров бегемота?! Соловьева, прекрасный продажник, приносит в кассу фирмы неплохой доход. Но запустила себя ужасно. Проклятье, есть же тренажерный зал, бассейн, обруч, наконец! И меньше жрать!

Приходила возмущаться. Еще и с амбициями девочка. Посмотрела бы лучше на себя в зеркало! Сколько там по договору официально? Двенадцать тысяч? Прекрасно, КЗоТ так КЗоТ. Отрабатывай положенные две недели, на выходе — оплата по договору. Все. Закрой дверь с той стороны.

Чтобы успокоиться, Аниверова взяла планшет и тиснула в блог запись с заголовком «Худейте, мрази!». В качестве иллюстрации привела кадр из неудавшегося рекламного ролика. Где она, Катерина Аниверова, директор, стройная и подтянутая красавица, на контрасте с расплывшейся жабой старшего менеджера.

Стук в окно. Назойливый, еще при неприятном разговоре с Соловьевой отмеченный стук. Аниверова досадливо оглянулась. За стеклом ходила маленькая птичка с желтенькой грудкой. Склоняла головку, смотрела то одним глазом-бусинкой, то другим. Потом цвиркнула что-то веселое и стремительно порхнула прочь. Сердце глухо бухнуло и провалилось в пятки, от внезапного испуга открылась едким потом спина.

Тенью подступающего безумия метнулось в памяти небо, синее небо в стальную клетку, и мерзкие желтые птицы на узком подоконнике, птицы, которых подкармливали все, кому не лень, птицы, которых она, Аниверова, однажды сумела отравить и так от них избавиться если не навсегда, то надолго...

Мать лупила почем зря. За загубленную молодость, за одинокую жизнь, за все на свете. Жалкая неудачница, она так и не сумела выбраться из коммунальной, пропахшей затхлой плесенью квартиры на Моховой в одну из тех новеньких многоэтажек, что в изобилии строились в элитных районах города.

Но подлинный ад начался, когда мать наконец-то привела в дом мужика. И тот решил стать образцовым папочкой. Образцом же он полагал суровое воспитание.

Он не был насильником, отчим. И садистом не был тоже. Он просто добра желал своей падчерице. Просто желал добра.

— Ненавижу! Ненавижу обоих! Ненавижу! Вырасту — убью!

Синица слушала с безмятежным спокойствием, далекая от всех этих житейских проблем. Кто-то за ней все же присматривал: блаженная всегда была чисто одета, роскошные седые волосы собраны в длинную, до колена, косу, обувь на ногах соответствовала сезону. Пахло от нее вовсе не бомжатником, а дождем, растертыми в пальцах листочками герани, сосновой смолой, чем-то еще, лесным, природным, приятным.

Внезапно Синица вытянула руку и каркнула по-вороньи. На предплечье ей тут же опустилась большая птица, серая с черными крыльями и огромным клювом. Зареванная девчонка отшатнулась, забыв про слезы: она впервые видела ворону так близко. А дальше...

Синица накрыла ворону второй рукой. И медленно, неумолимо сомкнула пальцы. Крик боли, почти человеческий, оборвался: от птицы остался кровавый комок, который дворовая дурочка мяла пальцами, как пластилин.

— Да ты... ты... ты! — Воздуха не хватало, расправа над вороной ужасала своей обыденностью, похоже, Синица делала это не в первый раз. — Ты что делаешь?!

Сумасшедшая раскрыла ладони, подставляя их солнцу. Ветер срывал с ее пальцев алые капли. То, что осталось от птицы, зашевелилось, обретая новую форму. Миг, и в небо рванулся с ликующим криком стремительный силуэт.

Взгляд Синицы, утративший обычную сонную безмятежность, словно бы говорил: видишь? Даже ворона может стать ласточкой, если ей помочь. Родители ведут себя плохо? Дай им шанс исправиться. Просто дай шанс.

— Да пошла ты! — Потрясение отступало под натиском здравого смысла: руки у дурочки вновь обрели идеальную чистоту, следовательно, никакой вороны не было и в помине, а был гипноз или что-то типа того.

— Пошла ты! Сумасшедшая! Дура!

Под ногу подвернулся поребрик, не удержала равновесия, упала, больно приложившись копчиком. Синица уже уходила, уводя с собой свою птичью свиту. И, как всегда, прыгали за нею по земле две-три вороны, протяжно, тоскливо каркая...

Аниверова шла к своей машине, нервно прокручивая кольцо с ключами на пальце. Нехорошо сосало под ложечкой. Мир вокруг казался враждебным и серым, хотя конечно же это просто действовала так на нервы бестеневая погода. Затянувшие небо облака собирались выпустить к вечеру обложной моросящий дождь. Типичная питерская погода: с утра солнце и лето, к вечеру осень и дождь.

Жизнь удалась. С какой стороны ни посмотри. Ведь даже в яме с небом в стальную клеточку можно обзавестись нужными связями. Если проявить ум и сообразительность, сообразительность и ум.

Но отчего тогда так пасмурно на душе сейчас? Откуда этот едкий холодок страха? Бесит. Все хорошо. Ведь все хорошо же!

Она стояла рядом с машиной, невысокая угловатая девочка с длинной светлой косой, с множеством птиц на плечах, руках, голове. Аниверова забыла опустить ногу, забыла дышать. Накативший ужас приказывал бежать, бежать без оглядки. Но убежать не вышло. Девочка обернулась. Птицы вспорхнули в воздух, заматались живым галдящим ковром. Синицы, воробы, ласточки, дрозды. Только ворон почему-то не было ни одной...

Синица.
Дурочка из детства.
Господи, откуда взялась, как нашла? Сколько ведь лет
прошло! Что ей надо?
Что. Ей. Надо?

Блаженная протянула ладони, словно даря Аниверовой
маленькую птичку с желтенькой грудкой. Возьми. Твое.
Птичка склонила головку, лукаво рассматривая женщину
маленьким глазом-бусинкой. Берешь? Нет?

— Оставь меня в покое! — заорала Аниверова, преодо-
левая испуг. — Слышишь? Катись отсюда на все четыре
стороны! На Пряжку! Там тебе самое место.

Она шагнула вперед, толкнула Синицу плечом, убирая
с дороги, и...

Мир опрокинулся и расширился, внезапно и страшно,
до предела.

*Ночной город дышал призрачной тишиной. Падал снег,
щекоча пылающее лицо мягкими мокрыми хлопьями.
Сверток на руках беспокойно возился. Ребенок, не сумевший
открыть дорогу в мир новеньких многоэтажек: все наследники
элитных квартир, по сути своей, козлы. Глухой всплеск, и круги по
темной, даже на взгляд холодной, воде...*

И дикие, полные безмолвного ужаса глаза Синицы.

*Дурочка, оказывается, шла следом от самого дома. Но
она не расскажет. Не сможет. Она всегда молчит. Всегда!
А больше не видел никто. Самое время уйти, раствориться
на улицах города навсегда. И начать путь к успеху без
тяжелой гири новорожденного на руках...*



ФАНТАСТИКА

Взгляд Синицы, пугающе-строгий, вонзался в душу без
наркоза.

Казнь вороны всплыла в памяти острой режущей
вспышкой. Ужас накрыл с головой. Я не хочу! Дай мне
шанс, я поняла, я все поняла, пожалуйста, я готова ис-
купить... я... я...

Из горла вырвалось хриплое:

— Кра...

Синица уходила, бережно прижимая к сердцу малень-
кую птичку. Остальная стая с криками вилась над нею,
рассаживалась по плечам, рукам, голове, цеплялась за
одежду.

Серая ворона неловко прыгала следом, тоскливо и об-
реченно вскрикивая:

— Кра-кар. Карррр, карррр...

Долгожданный, уникальный, удобный!

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

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



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

Стоимость подписки
на первое полугодие 2019 года:

с доставкой по РФ — 1260 рублей,
при получении в редакции — 720 рублей.

Об электронных платежах см. www.hij.ru.

Справки по телефону (495) 722-09-46.

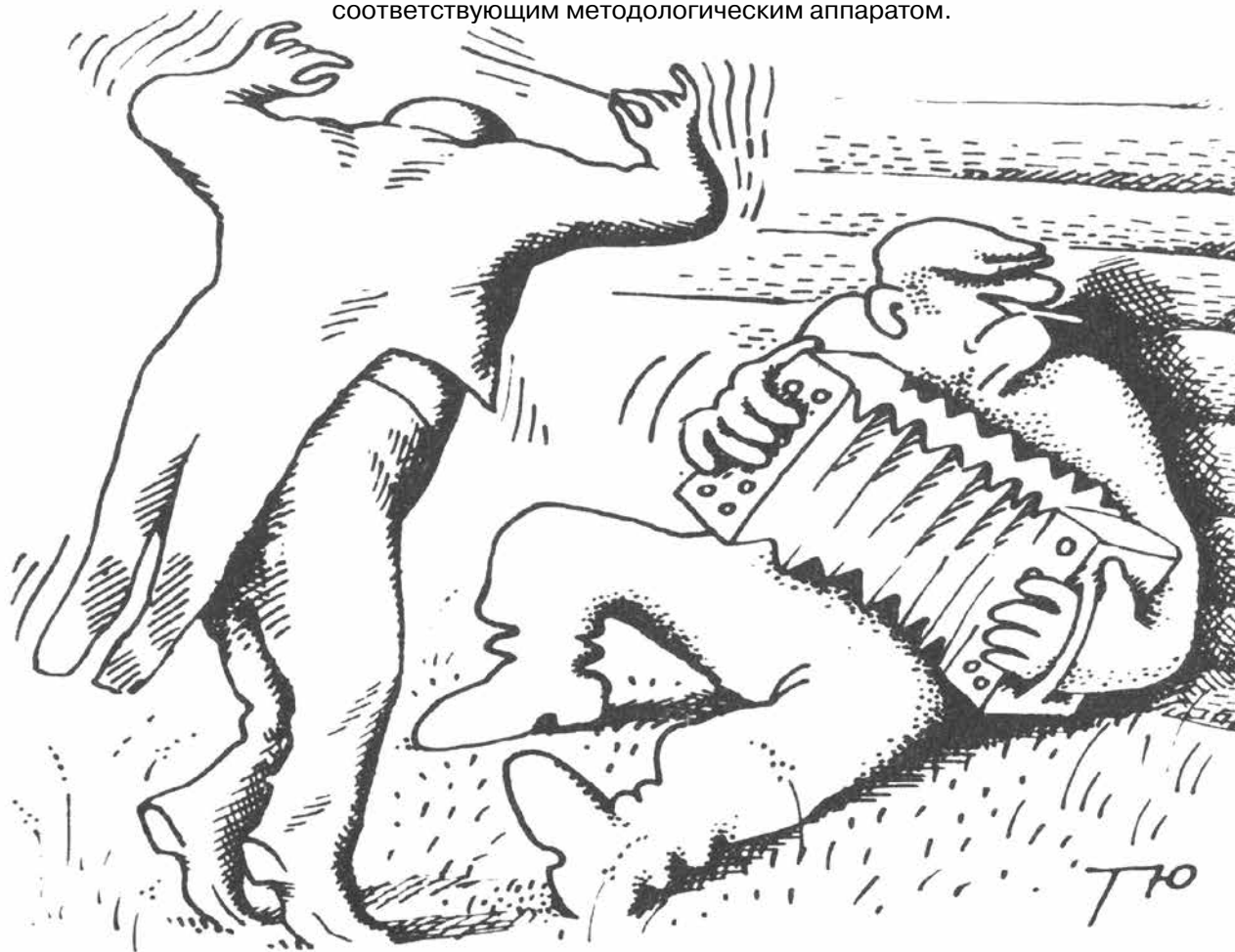
Реквизиты:

Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,
ИНН/КПП 7701325151/770101001 Банк: ПАО «Сбербанк», г. Москва,
Номер счета: № 40703810938000000848, к/с 30101810400000000225, БИК 044525225
Назначение платежа: подписка на журнал «Химия и жизнь—XXI век»

Технология волшебной палочки

В.Д. Киселев

Давняя идея универсального преобразователя есть во многих сказочных сюжетах — о Золушке, Снежной королеве, Незнайке в Солнечном городе, Гарри Поттере и его учителях. Даже у Стругацких в «Понедельник начинается в субботу» есть предмет со странным названием «умклайдет». Волшебная палочка в руке у персонажа часто имеет вид тяжеленного посоха, острого меча, мела судьбы, простого карандаша, джойстика или клавиатуры, шлема дополненной и виртуальной реальности, а иногда герои-новаторы просто машут руками или щелкают пальцами с четкой словесной формульной инструкцией, как вариант: «Трах-тибидох». Примеров много: Морозко, Гэндальф, Персей, Тимур, Ванька Жуков, Нео, Морфеус, Тринити, разнообразные геймеры и многие-многие другие путешествующие во времени и пространстве, в информационных и технологических мирах. От размера предмета технологическая суть волшебной палочки не меняется, она — универсальный решатель и преобразователь в сложной проблемной ситуации, она — рабочий инструмент героя-исследователя, оснащенный соответствующим методологическим аппаратом.

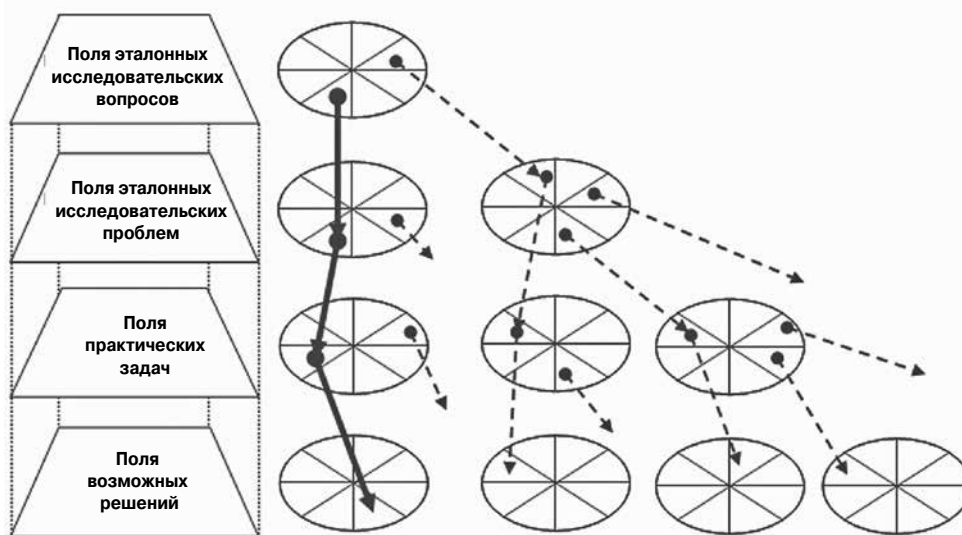


Введение

На втором-третьем шаге путешествия искателя новых познаний часто караулят «драконы»: проклятие размерности и чудовищно увеличивающаяся неопределенность. Для их преодоления нужно иметь кем-то ранее подготовленные методические указания. Такие корректные и сбывающиеся сценарии раньше, когда время текло медленно и сдвиги социальной парадигмы происходили за три-четыре положе-

ния, готовили любимые бабушки и дедушки, феи-крестные, разнообразные вожди, значительно реже — наши молодые родители (см. «Жизненные циклы буратинологии», «Химия и жизнь», 2018, 7).

Однако что делать, когда таких сценариев нет и не ожидается, когда смена парадигм в разных предметных областях и на смежных социальных уровнях происходит чаще, чем за одно поколение? В теории это называется «провести процесс стратегирования дальнейшей деятельности», метафорой же



Привычный процесс
стратегирования



ПОИСКИ СМЫСЛА

процесса может служить пушистая елка. Впрочем, для тех, у кого нет надобности об этом думать, процесс может никак не выглядеть. Чем больше предметных отраслей, с которыми взаимодействует человек, тем его елка будет пышней и гуще, при этом требуется найти оптимальный путь через многочисленные ветви. Глядя на елку проблем, кажется, что нельзя объять необъятное, что только узкая или очень узкая специализация даст значимый результат, пригодный для применения на практике.

Однако методологи утверждают, что можно елку свернуть и превратить ее в палку. Для этого требуется на каждом из четырех уровней составить наборы необходимых и достаточных эталонных архетипических полей, которые не привязаны к конкретным предметным областям. Тогда останется только перемещаться по оставшемуся от елки стволу — вверх-вниз, влево-вправо, назад-вперед. Можно добавить еще разнообразные вращения вокруг собственной оси, начало движения или его остановку. Вот, собственно, и все. Немного. Практически для любых видов человеческой деятельности на всех четырех уровнях возможны такие стратегические свертки.

Большинство наших коллег конкретно-предметны, чтобы сохранить для них содержательную информацию следует

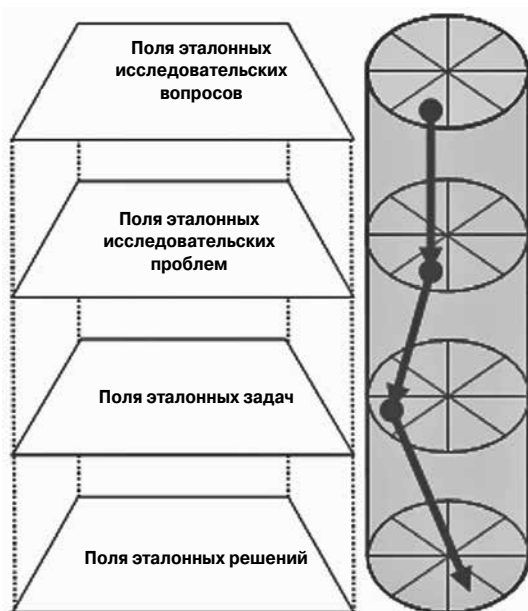
переформулировать поле эталонных исследовательских проблем в терминологию выбранного и заявленного коллегой исследовательского вопроса. Пример сказочного исследовательского вопроса для героя-исследователя: «Надо ли мне идти туда — неизвестно куда, искать то — неизвестно что, надо ли возвращаться с эдаким счастьем и есть ли у меня шанс сохранить свою буйную голову после успешного завершения проекта?» Бытовой пример исследовательского вопроса: «Приведет ли покупка этого неизвестного мне дорогостоящего продукта к существенному улучшению моей жизни? Стоит ли овчинка выделки?» Поле проблем в рамках этого исследовательского вопроса: «Продукт дорогой, денег нет, а очень хочется!», «Неизвестный продукт, а вдруг для меня он опасен?», «Хочется навести справки о продукте, а спросить не у кого (некогда, негде, нет физической возможности)!» Пример поля эталонных проблем для социума — в статье «Магический кристалл для царя» (см. «Химию и жизнь», 2018, 8).

Если формулировка проблемы, выбранной из поля эталонных проблем, герою-исследователю ясна, то далее происходит формулирование поля эталонных задач в терминах этой исследовательской проблемы. Остановимся на проблеме «Продукт дорогой, денег нет, а очень хочется!» Поле задач: «Надо без денег приобрести товар хотя бы во временное пользование, пусть дадут попробовать здесь и сейчас», «Надо найти того, с кем товар можно приобрести в складчину», «Надо понять, как умыкнуть», «Надо смирить свои желания», «Надо получить по частям или аналог продукта». Вариантов таких тризовских задач немного, у Г.С. Альтшулера в его знаменитой веерной матрице «Таблица применения приемов разрешения технических противоречий» их всего четыре десятка.

Если формулировка выбранной задачи герою-исследователю ясна, происходит формулирование поля эталонных решений в терминах предметной области выбранной эталонной задачи. Примеры полей эталонных решений можно посмотреть в статье «Старуха и море» (см. «Химию и жизнь», 2018, 3). Старуха бессознательно, но вполне успешно, опираясь на классические инструменты, предложенные конфликтологами Робертом Стенбергом и Кеннетом Томасом с Ральфом Килменном, предложила старику и Золотой рыбе череду таких решений.

Ресурсы для героя

Деятельность сказочного персонажа должна заканчиваться неким продуктом — это либо товар (который можно потрогать руками; он отделен от личности сказочного героя, его можно накапливать и складировать, например, та же волшебная



Процесс стратегирования при помощи «волшебной палочки»

палочка), либо работа (оказываемая услуга, которая заканчивается созданием товара, например постройкой летучего корабля), либо услуга (которая неотделима от сказочного героя, имеет личностно окрашенные свойства, которую нельзя накапливать, созданием товара она не завершается, например, дельные советы Бабы-яги), либо идеологема (устойчивое знание или эвристика для дальнейших действий, например лозунг «Пролетарии всех стран, соединяйтесь!»).

Чтобы достичь результата, нужны ресурсы. У сказочного героя-исследователя часто есть очень ограниченный набор ресурсов или только право доступа к ним. Это время (как правило, плавное и однонаправленное), пространство (как правило, ограниченное «миром людей»; плоское и без разрывов, реже трехмерное или многомерное), инструменты и расходные материалы (лук, стрелы, конь, волшебная палочка, книга, электронный шлем и другие атрибуты); энергия, если говорить про физические ресурсы — энергии солнца, ветра, воды, земли, если про экономические ресурсы — финансовые инструменты как первичные (денежные средства, ценные бумаги, кредиторская и дебиторская задолженности по текущим операциям), так и вторичные (финансовые опционы, фьючерсы, форвардные контракты, валютные свопы). Есть еще психологические ресурсы героя-исследователя: межличностные отношения (плохие или хорошие, определяемые взаимными ролями и статусами), информация (часто отрывочная, противоречивая и недостаточная), технологии (в рамках заявленной сказочной социально-экономической парадигмы) и личные способности.

Континуальный набор типов ресурсов позволяет делать формулировки исследовательских вопросов, исследовательских проблем, задач и решений каноническими (по единому формату — ВПМЭЛИТД), так как при их формулировании используются одни и те же термины: время (В), пространство (П), материалы (М), энергии (Э), люди (Л), информация (И), технология (Т), деятельность (Д). Составив такое решение можно, как по мановению волшебной палочки, получить оценку ситуации, порой удивительную.

Применим эту методику для анализа «Красной Шапочки». В ней мама девочки не явно, но решает такой исследовательский вопрос: «Можно ли (Т) без угрозы для жизни моего маленького ребенка (Л) передать (Д) пирожки (М) далеко (П) и одиноко (Л) живущей бабушке (Л)?» Отсюда для нее возникает исследовательская проблема: «Доверчивая (Л) девочка (Л) пойдет (Д) через лес (П), но там ей обязательно встретится (Д) опасный волк, людоед и обманщик (Л)!» Задача следует такая: «Надо доходчиво (Т) объяснить (И) дочке (Л) и убедиться (И), что она поняла (И) — нельзя разговаривать (Д) с незнакомцами (Л) и сходить с намеченного пути (П), нельзя быть чересчур доверчивой (Л)». Решения мамы, если обнаружится, что девочка ее не поняла: «Пойти (П, Д) к бабушке (Л) самой

(Л) и не рассчитывать (Т) на случайно проходящего охотника (Л)». Чтобы привести ресурсы, заявленные мамой Красной Шапочки, к каноническому виду надо составить таблицу. Из нее видно немало интересного. Прежде всего, мама живет вне времени (0) и драйверов физических изменений (0), они оказываются «слепыми пятнами». Самое главное для нее — человеческий фактор (12); чуть менее значима конкретная человеческая деятельность (5). Привязка к пространству (4), информация (3) и технологиям (3) для нее важна, но не так сильно, а пресловутые пирожки (1) — вообще не ценность. Возникает гипотеза: девочка, вероятно, копия мамы, просто не могла не заговорить с волком, ведь для нее личностные отношения тоже очень важны, уж важнее ориентации во времени и пространстве. Попутно напрашивается закономерный вопрос: «Если пирожки для мамы ничего не значат, то зачем она директивно послала свою неподготовленную малютку на верную смерть?»

Построение заклинания

Каждый из перечисленных ресурсов может иметь более тонкую настройку, свои производные. Время (В) – конкретный момент, например, 18:23, 24 сентября 2018 года; временной интервал (В') — со вторника по пятницу; частота (В'') — раз в неделю. Пространство (П) — точка А на карте; маршрут (П') на карте из А в Б; (П'') — трехмерный ландшафт, отображенный на виртуальной географической карте. Материалы (М) — конкретный мобильный телефон; телефоны с таким же брендом (М'); товарная категория мобильных телефонов разных брендов (М'') и так далее. Эти ресурсные производные создают свойства фрактальности.

При помощи таблицы, в которой собраны воедино ресурсы героя-исследователя, можно не только относительно четко сформулировать его ценности, но и предложить относительно адекватные внешним вызовам цели желательных изменений в рамках наблюдаемого эпизода сказки.

Ценности — это стационарные состояния героя, в ценность нахождения в которых он верит, не всегда доказательно и объективно. Примеры ценностей таковы: презумпция невиновности для подсудимого, компетентность для нанимаемого работника, быть начальником для карьериста, порядочность для партнера, социальная ответственность для бизнеса, дружба для друга, коллективизм для команды, индивидуализм для влюбленного, любовь для супруга, комфорт для отдыхающего, здоровье для больного. И еще праздность и эгоизм — их принято называть отрицательными ценностями. Стационарное состояние определяет идентичность человека: невиновный, компетентный, начальник, партнер, друг... С развитием сюжета идентичность героя может меняться как в положительном, так и в отрицательном смысле: вспомним Высоцкого: «Если друг оказался вдруг»... Все зависит от целей, которые ставит перед собой человек.

Цели — это изменения текущего состояния на желаемое: столбовая дворянка хочет стать царицей, а позже и владычицей морской; принц — нищим; одинокий витязь Руслан – семейным наследником престола; узник замка Иф — свободным графом Монте-Кристо; голый и мокрый владетель кота – маркизом Карабасом.

Смена идентичности целеполагающего героя – это его диалектический переход на качественно новый для себя уровень, обратимое преобразование количества в качество. Так, время для героя – состояние (В=) (сейчас и регулярно) может поменяться на состояния (СиВ+) или (СиВ-), соответственно, всегда или никогда. Пространство для героя — состояние (П=) (здесь) меняется на состояния (СиП+) или (СиП-), соответственно, везде или нигде. Материалы для героя – состояние (М=) (конкретно такие материалы) меняется на состояния (СиМ+) и (СиМ-), соответственно,

Ресурсы мамы Красной Шапочки

Тензор полей (для мамы красной шапочки)	Ресурсные инфраструктуры							
	Физические				Психологические			
	Время	Пространство	Материалы	Драйверы изменений, энергии	Люди	Информация	Технологии	Драйверы изменений, деятельность
Исследовательский вопрос	-	1	1	-	3	-	1	1
Исследовательская проблема	-	1	-	-	3	-	-	2
Задача	-	1	-	-	3	3	1	1
Решение	-	1	-	-	3	-	1	1
Итого заявлено ресурсов:	0	4	1	-	12	3	3	5



любые или никакие. Драйверы физических изменений (энергии) для героя – состояние (Э=) (есть в наличии) меняется на состояния (СиЭ+) или (СиЭ-), соответственно, беспредельны или обнулились. Человеческие контакты для героя – состояние (Л=) (есть постоянный круг общения) меняется на состояния (СиЛ+) или (СиЛ- соответственно, качественно изменились или прекратились. Информация для героя – состояние (И=) (есть некоторая необходимая постоянная информация) меняется на состояния (СиИ+) или (СиИ-), соответственно, информация существенно расширилась или схлопнулась. Технологии для героя – состояние (Т=) (есть актуальные технологии) меняется на состояния (СиТ+) или (СиТ-), соответственно, технологии существенно изменились или деградировали. Драйверы психологических изменений (например, мотивация деятельности) для героя – состояние (Д=) меняется на состояния (СиД+) или (СиД-), соответственно, появилась сверхмотивация или драматическая демотивация.

Для примера разберем школьный пример, отрывок из стихотворения А.С. Пушкина «Пророк». Цифрами в кодах обозначены: 1 – сам пророк, 2 – Бог, 3 – люди.

Как труп (Л1=) в пустыне (П1=) я (Л1=) лежал (Д1=).

И Бога (Л2=) глас ко мне (Л1=) воззвал (СиИ1+):

«Восстань (СиД1+), пророк (Л1=), и виждь (СиД1+), и внемли (СиД1+),

Исполнись (СиД1+) волею моею (СиИ1+, СиТ1+, СиИ2+, СиТ2+)

И, обходя (Д1↑↑) моря (П1↑↑) и земли (П1↑↑),

Глаголом жги (И1↑↑, Т1↑↑, Д1↑↑) сердца (Л3↑) людей (Л3↑).

Наблюдая эту формулу, можно заметить смысловые акценты, присутствующие в строчках стихотворения. Время (0), материалы (0) и энергии (0) не заявлены, присутствует только пространство (3). Упор сделан на социальное (8) и деятельное (8), в меньшей степени – на информационное (3) и технологическое (3). Для поэта в этом отрывке более важен сам процесс, нежели то, о чем, как и где будет сказано пророком. А по сути, в тексте речь идет про позитивную смену идентичности героя, выведение его из исходного пассивного состояния.

Ситуации с мамой Красной Шапочки и в шести строках стихотворения Пушкина – одинаковы. Описано начало путешествия героя. Удивительно, но и профили, полученные по формуле ВПМЭЛИТД практически совпадают. Самыми важными для мамы и Александра Сергеевича оказались параметры: люди, их деятельность и пространство, менее важными – информация и технология.

Матрица ценностей и целей нормализует используемые исследователем формулировки, приводит их к простой канонической форме. Например, любую заявленную проблему можно свернуть в противоречие: чего-то нет или не получается, а очень желательно. Матрица позволяет обнаружить ресурсы, заявленные в явной или скрытой форме, оценить, избыточны они, достаточны (в рамках существующей нормы) или дефицитны. При этом все типы ресурсов для живого и здорового героя-исследователя одновременно не могут быть дефицитными, следовательно, остальные ресурсы есть в количестве достаточном или даже избыточном; то есть они дешевые для обмена.

Вот, скажем, человек решил поехать в путешествие и пришел в туристическое бюро. Какие ресурсы у него есть? Деньги. Он хочет обменять на отсутствующие у него ресурсы: время отдыха (две недели в бархатный сезон), пространство (отель на первой линии побережья), приятные люди (за обеденным столом и на пляже), новую интересную информацию (полученную на экскурсии) и предпочтительную деятельность (загорание и купание в море). Остается произнести формулу-заклинание: «Э1→В2, Э1→П2, Э1→Л2,

Э1→И2, Э1→Д2», и волшебство превращения в курортника свершилось.

А вот маг-алхимик занимается своей многотрудной исследовательской деятельностью, поиском технологии производства из ртути, которая у него в избытке, в золото, которое у царя-заказчика постоянно в дефиците. Формула будет такая: (Д1 и В1)→(Т1 и Э1)→М1→М2→Т2→Д2. Если маг – опытный волшебник, то он, по методу Ходжи Насреддина, станет расходовать отпущенное ему время крайне экономно, магическим образом обеспечив себе многолетнее безбедное существование. А при известной удаче получится настоящее волшебство, надо только в формулу ввести еще один член, промежуточный материал М' между М1 и М2. Такие случаи бывали в истории – способ изготовления мейсенского фарфора нашел Иоганн Бёттгер, именно придворный алхимик саксонского курфюрста Августа. За неспособность получить золото из ртути Бёттгер попал в заключение, а там и научился смешивать и обжигать каолин. Став фарфором. Эта глина действительно обратилась в золото.

Между прочим, если вернуться к сказке о Красной Шапочке, то можно заметить одну странность: никому неизвестна судьба пирожков. А ведь именно пирожки – это единственный имеющийся в распоряжении героини ресурс. По идее, она должна была откупиться от волка пирожками, причем один из них мог и вовсе быть отравленным. То есть они могли быть еще и ресурсом обороны. Если бы волк действовал по канону, менял свой избыточный ресурс силы на явно отсутствующие у него пирожки, то все бы закончилось благополучно для героев сказки. Но он зачем-то упорно, петляя по лесу, уходил от пирожков и приближался к бабушке. Таким образом, похоже, что пирожки выполняют еще и функцию скрытой волшебной палочки, только никто, включая сказочника, не знает, как ею пользоваться. Волк, видимо, догадывается о наличии волшебной палочки, однако не понимает, что это пирожки, и отправляется туда, куда волшебная палочка точно будет доставлена, надеясь в ходе беседы с посыльным – Красной Шапочкой – выяснить подробности. В этом проявляется важный феномен, связанный с волшебной палочкой: многим желание заполучить ее не позволяет сообразить, что предмет вождения находится в буквальном смысле перед глазами.

Если же герой-исследователь завладел волшебной палочкой, то у него не существует неразрешимых проблем. Такой герой типовыми способами свернет свое исследовательское поле, определит матрицу целей и ценностей, составит список ресурсов, и у него автоматически возникает синергетическое решение для любого затруднения: избыточные ресурсы (дешевые для него, но дорогие для оппонентов) он поменяет на дефицитные (дорогие для него, но дешевые для оппонентов). Все будут довольны и счастливы, так как совершили покупку по цене меньшей, чем оценивали для себя стоимость приобретенного продукта.





Художник Домье

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

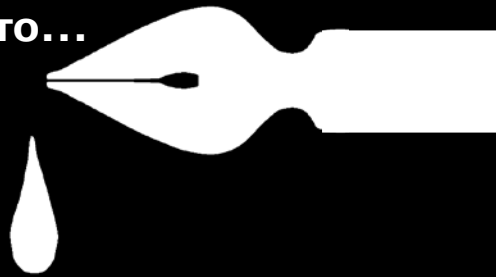
Перекошенный рынок

«Современный потребительский рынок перекошен действиями маркетологов, и они придумали очень интересные методы для обхода законов, — пишет в своей новой книге «Rents: How Marketing Causes Inequality» Геррит де Геест, профессор международного и сравнительного права в сент-луисском Университете Вашингтона (агентство «NewsWise», 31 августа 2018 года). — С помощью методов, которым их научили в современных школах бизнеса, они создают ложные рыночные ценности». Вот несколько примеров. Возьмем картридж для чернильного принтера. В производстве он стоит не дороже трех долларов. Однако конструкция принтера такова, что можно купить картридж только его изготовителя, а он стоит тридцать долларов. Этот явление называется «эффектом лезвия бритвы», поскольку метод придумали в компании «Жиллетт»: она первой выпустила станки для бритья, которые совместимы только с фирменными лезвиями. Удивительным образом такая, в сущности, монополизация рынка не входит в противоречие с антимонопольным законодательством. Другой пример — рынок лекарств. Если на полке рядом стоит один и тот же препарат за 3 и за 9 долларов, никто в здравом уме не купит более дорогой. Но вот на его этикетке немного изменили название, поместили изображение торговой марки крупного изготовителя. Несведущий потребитель купит дорогой продукт, предполагая, что у него более высокая надежность, хотя это может быть и не так. Казалось бы, маркетологи должны улучшать рынки, помогая каждому покупателю найти подходящий ему товар. На практике же они запутывают покупателя, делая цену совершенно непрозрачной, смешивают разные категории покупателей, настоятельно предлагая небогатому покупателю брать дорогие вещи и предотвращают торговые войны. То есть вступают в картельный сговор.

По оценкам де Гееста, такая практика начала появляться в 70-х годах, и тогда доход от маркетинговых приемов доходил до 20%. Сейчас же он превышает 35% от всего объема экономики США. Другими словами, цены на треть выше, чем могли быть на рынке с честной конкуренцией. Самое же главное в том, что этот монопольный доход идет отнюдь не рабочим. Их зарплата учтена в себестоимости продукции, а маркетинговый доход оказывается в прибыли и отправляется в карманы инвесторов, число которых чрезвычайно мало. Все это порождает серьезное имущественное неравенство в обществе.

С.Анофелес

Пишут, что...



11 организаций, спонсирующих исследования в Европе, потребовали от грантополучателей предоставления бесплатного доступа к статьям и призвали отказаться от публикаций в журналах, не обеспечивающих открытый доступ, в том числе «Science» и «Nature» («Nature», 2018, 561, 17—18, doi: 10.1038/d41586-018-06178-7)...

...найлены прямые и окончательные доказательства присутствия поверхностного водного льда в полярных областях Луны («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2018, doi: 10.1073/pnas.1802345115)...

...показано, как наблюдения миллисекундных пульсаров позволяют строить независимую барическую шкалу времени, по стабильности сравнимую с лучшими атомными стандартами на временных интервалах 10—15 лет («Астрономический журнал», 2018, 95, 6, 401—406)...

...разновидность северного сияния под названием STEVE, или Strong Thermal Emission Velocity Enhancement — на самом деле вообще не северное сияние («Geophysical Research Letters», 2018, doi: 10.1029/2018GL078509)...

...ни одна из широко используемых компьютерных программ, предсказывающих взаимодействие микроРНК с мРНК, не дает удовлетворительного результата («Биоинформатика», 2018, 52, 3, 543—554)...

...получен патент на светодиодный генератор фрактальных мельканий, который может быть использован при нейродегенеративной патологии и амблиопии для восстановления функции зрительной системы и нормальной работы мозга («Физиология человека», 2018, 44, 3, 62—73)...

...дети младшего возраста и взрослые существенно лучше, чем подростки, воспроизводят последовательность абстрактных символов после задержки, если ассоциируют их с буквами и произносят вслух («Журнал высшей нервной деятельности», 2018, 68, 3, 349—365)...

...синтезированный с помощью бромирования и последующего дебромирования газообразным тритием или дейтерием норадреналин по своей биологической активности ничем не отличается от природного («Доклады Академии наук», 2018, 480, 5, 551—554)...

...компания Sangamo Technologies сообщает о частичном успехе в генной терапии синдрома Хантера; у некоторых пациентов снизились уровни маркеров болезни в моче («Science», 2018, doi: 10.1126/science.aav3226, «Nature», 2018, doi: 10.1038/d41586-018-06195-6)...

...чип, содержащий живые клетки дрожжей, поможет отслеживать суточные дозы облучения у сотрудников больниц, исследовательских лабораторий и АЭС («Advanced Biosystems», 2018; 1800126, doi: 10.1002/adbi.201800126)...

...у аквариумных стеклянных сомоиков *Kryptopterus bicirrhatus* найден ген восприимчивости к электромагнитному полю; он может быть экспрессирован в нейронах млекопитающих («Scientific Reports», 2018, 8764, doi: 10.1038/s41598-018-27087-9)

...трансгенные *E.coli*, ускоряющие движение на свету, за секунды выстраивают миниатюрные копии фотоизображений Джоконды, Эйнштейна или Дарвина; предполагается применение таких бактерий в нанотехнологиях, в качестве транспортного средства (eLife, 2018; 7, doi: 10.7554/eLife.36608)...

...в Адыгее найден единственный в России ископаемый трубкорыл периода олигоцена, эта находка означает, что он мог обитать в весьма холодных водах, а также что населяли они не только палеоокеан Тетис, но и Паратетис («Палеонтологический журнал», 2018, 3, 96—104)...

...в период зимней спячки в плазме крови якутского суслика синхронно растет содержание холестерина и общих фосфолипидов, изменяется количество индивидуальных фосфолипидов, что говорит о возможном их участии в молекулярных механизмах адаптации к спячке («Биофизика», 2018, 63, 3, 455—461)...

...даже не слишком большое накопление свинца в углеводном корме осенью, когда пчелы почти не покидают улья, вызывает токсикоз и, как следствие, аномальное поведение — в частности, бегство из улья на пороге зимы («Известия РАН. Серия биологическая», 2018, 3, 322—325)...

...ДНК-анализ уличил пингвинов, обитающих в зоопарке, в неверности постоянным партнерам («Zoobiology», 2018, 4, 236—244, doi: 10.1002/zoo.21432)...

Художник Генри Бютнер



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Половое разнообразие на страже природы

Государство придумало способ борьбы за чистоту природы — экологические штрафы, которыми наказывают нарушителей. Например, в США в отношении компаний, входящих в список Топ 1500 агентства «Standard and Poor's», за период 2000—2015 годы было возбуждено 1893 судебных дела, а средний размер штрафа составил 204 млн долларов. Как же компания может снизить такую нагрузку? Для этого нужно увеличить число женщин в составе руководящего органа — так следует из работы доктора Челси Лю из Аделаидского университета («Journal of Corporate Finance», 2018, 52, 118—142; doi: 10.1016/j.jcorpfin.2018.08.004). По ее расчетам, каждая женщина в совете директоров уменьшает штрафы на 1,5%, или на 3,1 млн долларов.

Причину австралийская исследовательница видит в том, что чем больше разнообразие состава совета — половое, национальное, — тем более взвешенные решения он способен принимать. Ведь у людей различных культур разный опыт, привычки, разные взгляды на жизнь. Например, женщины менее склонны доверять своему мнению и больше обращают внимания на мнение экспертов. Благодаря разнообразию, при составлении коллективного решения возникает возможность лучше, с учетом большего числа точек зрения, оценить открывающиеся перспективы. Интересно, что эффект от присутствия женщин в составе совета несколько выше, когда его возглавляет мужчина, нежели когда женщина. То есть необходимо тщательно выверенное разнообразие, чтобы женская точка зрения не задавила мужскую, а обе они пребывали в гармонии.

Из исследования доктора Лю следует важный вывод. Сейчас во многих странах, включая Австралию, идут дискуссии о внесении в законодательства требования о выделении женщинам квоты в советах. Поскольку экологические проблемы сейчас выдвигаются на первый план и представляют реальную угрозу существованию человеческого общества, получается, что такая мера совсем не лишняя. Причем как для общества, так и для инвесторов — ведь варварское обращение с природой опустошает их кошельки.

А.Мотыляев



С.К. КРАСИЛЬНИКОВУ, Москва: *Хотя пангамовая кислота и называется витамином B15, ни одно из его заявленных целебных действий не было подтверждено в контролируемых экспериментах; продажа ее препаратов — на совести продавцов.*

А.В. СОЛОВЬЕВУ, Мытищи: *Флуоресцином красят водоемы не только для развлечения, но и тогда, когда требуется отследить направление водных потоков, например, утечек из канализационных труб.*

М.С. ДОРОФЕЕВОЙ, Санкт-Петербург: *Слабительное действие слив объясняется высоким содержанием шестиватомного спирта сорбитола.*

Т.В. ИВАНОВОЙ, Казань: *Соляную кислоту нельзя использовать для очистки чайника от накипи, если она может соприкоснуться с алюминиевыми деталями, используйте лучше уксусную или лимонную кислоту.*

Александру, электронная почта: *Разбрызгивание серебра при затвердевании, если оно происходит, связано не с изменением объема (13%), а с выделением растворенного кислорода; если серебро плавил без защитного слоя; растворимость в расплаве — 20-22 объема (при температуре плавления), а в твердом серебре — один объем; а вот почему растворимость столь велика (и аномально велик коэффициент диффузии, как и в твердом металле), — неясно.*

ПРОЕКТУ ПО ОТПРАВКЕ В БЛИЖНИЙ КОСМОС, Томск: *Спасибо за предложение, но мы считаем дурным тоном засоряющие космос рекламные акции.*

Д.К., электронная почта: *Сетевой конкурсе фантастики «Химии и жизни» года на сайте СамИздат Максима Мошкова (<http://samlib.ru/>) пройдет в этом году, как обычно, добро пожаловать!*

О судьбе Буратино



ЗАМЕТКИ ФЕНОЛОГА

В июльском номере журнала была опубликована статья В.Д. Киселева «Жизненные циклы буратинологии», в которой на примере сказки о золотом ключике и деревянном мальчике разобрана теория формирования и развития мифа о герое. Однако исходное произведение, не смотря на малый объем, кажется тем сложнее, чем дольше его читаешь. Поэтому кое-что в рассуждениях маститого буратинолога можно дополнить

Полено в руках папы, возможно, живущего в Риме, оживает. Из текста не следует, что в этой мастерской есть еще поленья. Похоже, кто полено производное того идеального мира, мира знаков и символов, в котором существует и нарисованный очаг. Огонь в нем как предупреждение всемоу деревянному.

Соединенные воля, желание и мастерство перевели эти объекты в реальный мир. Буратино игнорирует предупреждения и не чувствует опасности. Он деревянный. Он действует. И вот главное событие его жизни — встреча с Карабасом. При упоминании нарисованного очага тот ведет себя крайне странно: дает деньги, очень большие, золотые. Тут надо сразу насторожиться — золото это символ потустороннего мира.

Действие Карабаса можно объяснить лишь тем, что картина очага, манифестирующая нечто, находящееся за ней, может исчезнуть и проявиться в другом месте и в другое время. Никто не может с уверенностью сказать, где она находится на данный момент. И пять золотых тот якорь, которым можно попытаться ее удержать, хотя бы на некоторое время. Однако знать место еще не все, необходимо доставить туда золотой ключик. Карабас — самый информированный персонаж, а еще и самый заинтересованный в этой истории. А Буратино — центр притяжения в том числе и мистического.

Только Карабас знает будущее Буратино, потому что он сам и есть это будущее. Он знает, что случится, когда золотой ключик откроет тайную дверь: Буратино вступит в свой театр, но ключика у него уже не будет. Ключик употреблен, уничтожен, утрачен. Замок щелкнул и начинаются изменения: длинный нос сгнивает и отваливается, деревянное тело начнет покрываться мхом, а мох постепенно превратится в длинную бороду. Куклы перестанут его узнавать, будут пугаться и кричать — Карабас, Барабас.

А он будет бить их плеткой и отвечать — Я Буратино! Буратино!

Назад дороги нет. Но он знал, что обязательно появится новый буратино, и заранее ненавидел его и объявлял поддельным, не деревянным, самозванцем. И мечтал вновь обрести ключик, найти дверь, восстановить свой утраченный талант.

Буратинология — это наука, которая нужна для того, чтобы понять происходящее с нами, с людьми. Для нас очаг скрывает дверь, ведущую в совершенно определенный потусторонний мир — западную Европу. Это мир блистающий, изобильный, полный благодати. Трудно сказать, что проявилось как нарисованный очаг, но очевидно, все, кого это касалось, его опознали. И начался исход. Самый ходовой буратинский слоган — надо валить отсюда.

Уехало немало, совсем немало. А потом стали возвращаться за утраченным ключиком, но он ведь одноразовый! Хозяева театра лупили своих кукол-актеров и те их ненавидели. Иные лихорадочно создавали тексты — мастерство осталось, но что-то ушло. Перешли на мемуары, а кто-то стал биться за авторские отчисления со всей страстью угасшего таланта. Золото манит, но не все двери стоит открывать, а тем более ломиться в них.

21-я международная
выставка химической
промышленности
и науки

ХИМИЯ

29.10–01.11.2018



Инновации
и современные
материалы



НЕФТЕГАЗОХИМИЯ



Startup ChemZone



Зеленая химия



Индустрия пластмасс



Химмаш. Насосы



Хим-Лаб-Аналит



Салон защиты
от коррозии «Коррус»

Реклама 12+



Организатор: АО «Экспоцентр»

При поддержке:

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

Под патронатом ТПП РФ

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»



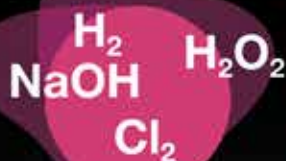
Skolkovo Startup
Challenge 2018

хим пром

Skolkovo

Startup Challenge

2018



Малотоннажная химия на основе хлора, гидроксида натрия, перекиси водорода и водорода



Продукты на основе **кремнийорганических соединений**, включая синтез исходных мономеров



Высокомаржинальные продукты, основанные на **переработке метана**



Производство **полимеров со специальными свойствами**, включая синтез исходных мономеров



Биоразлагаемые полимеры на основе нефтехимического сырья

Возможность привлечения инвестиций от ПАО «Химпром» для реализации проекта

Три лучших проекта получат:

- Приз в размере 500 000 рублей от ПАО «Химпром»
- Статус участника проекта «Сколково» и грант до 5 000 000 рублей на развитие проекта от Фонда «Сколково»

Все финалисты получат менторскую поддержку по привлечению инвестиций и развитию проекта

15.06 — 30.09

Поддача заявки
на конкурс

01.10 — 15.11

Экспертиза проектов,
определение финалистов

16.11 — 30.11

Менторские сессии
для финалистов

01.12 — 15.12

Финал. Объявление
результатов

Срок приема работ продлен до 15 октября 2018 года!



Горячая линия

8 495 956 00 33
доб. 3356, 2453, 2824

E-mail: himprom@sk.ru

Подайте заявку на
himprom.sk.ru



ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >