



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

8/2018







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 7.8.2018

Типография «Офсет Принт М», 123001,
Москва, 1-й Красногвардейский пр-д, д. 1

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 художника Даниэля Чанга.
Назвать птиц беззаботными — боль-
шое преувеличение. Подробности в
статье «Скворцы и фитотерапия».

*Не бойся пропустить ляп,
читателям он даже может понравиться.*

Уильям Рэндольф Херст

Содержание

Размышления

КОРОВЫ И ПРОРЫВЫ. В.В. Мадисон, Л.В. Мадисон 2

Научный комментатор

ЧЕРНАЯ ДЫРА В ЗЕМЛЕ? С.М. Комаров 8

История современности

ФРЕДЕРИК СЕНГЕР, ДВАЖДЫ НОБЕЛЕВСКИЙ ЛАУРЕАТ. С.В. Багоцкий 12

Хемоскоп

ФЕРМЕНТ СОЗДАЛ НОВОЕ ЛЕКАРСТВО. ТРОТИЛ ГОТОВИТСЯ К ЗАСЛУЖЕННОЙ
ПЕНСИИ. ГДЕ ПРЕДЕЛЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ? А.И.Курамшин 16

Элемент №...

ЕВРОПИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А. Мотыляев 18

Мемуары Игнобеля

ЗАЩИТА ДЛЯ САМОГО ЦЕННОГО. С.М. Комаров 21

Дневник наблюдений

СКВОРЦЫ И ФИТОТЕРАПИЯ. Н. Анина 24

Здоровье

СОЛЬ, ФРУКТОЗА И ЛИШНИЙ ВЕС. Н.Л. Резник 26

Нанофантастика

НЕВОСТРЕБОВАННЫЙ РЕСУРС. Алексей Лисаченко 29

Проблемы и методы науки

ИЗУЧАТЬ, НЕ РАЗРУШАЯ. А.А. Семенов 30

Дискуссии

ИЛЛЮЗИЯ ТОЧНОСТИ. Е.Ю. Колесников 35

Гипотезы

ЗРЕНИЕ БЕЗ ЛИНЗЫ. Леонид Ярославский 38

Портреты

ФЕОДОСИЙ ДОБРЖАНСКИЙ: ЖИЗНЬ,
ПОСВЯЩЕННАЯ ЭВОЛЮЦИИ. Сергей Ястребов 42

Расследование

СЛУЧАЙНОСТИ В ФЕВРАЛЕ. А.В.Бочаров 46

Химики и лирики

КАННИБАЛИЗАЦИЯ БЕЗ КАННИБАЛОВ — И С НИМИ. Владимир Борисов,
Александр Лукашин 50

Поиски смысла

МАГИЧЕСКИЙ КРИСТАЛЛ ДЛЯ ЦАРЯ. В.Д. Киселев 52

Панацея

Я ПОСЕЮ ЛЕН-КОНОПЕЛЬ? Н. Ручкина 56

Фантастика

СТАРИК И ТЕТИС. Андрей Лободинов 58

ИНФОРМАЦИЯ	28	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
КНИГИ	55	ПИШУТ, ЧТО...	62

Коровы и прорывы



Фото: ИВБ

Кандидаты биологических наук

В.В. Мадисон и Л.В. Мадисон,

ООО «Эмбриосервис», Казань, vmadison@mail.ru

Согласно последним указаниям, стране срочно понадобились прорывные технологии в сельском хозяйстве, прежде всего, конечно, цифровые. Почему это вызывает иронию авторов? Потому что эти технологии не помогут решить основные проблемы животноводства: избавиться от старорежимной племенной системы, внедрить биотехнологию разведения племенного скота, увеличить срок продуктивной жизни коров на комплексах.

Зачем корове хайтек

Как цифровая экономика может помочь сельскому хозяйству? С точки зрения авторов статьи, ветеринарных специалистов-эмбриологов, проработавших на производстве 40 лет, крупномасштабная роботизация и электронное перевооружение традиционного уклада скотоводства — деньги, выброшенные на ветер. Конечно, в агрономии космическое планирование посевов, распахка полей на автопилоте и пара дронов для сканирования сорняков помогут работе полеводов, но окупятся ли эти мероприятия? Ведь землевладельцам придется заключать договоры оплаты услуг с агентством космических исследований и пилотами этих самых тракторов и дронов. В животноводстве же ситуация иная: если что и нужно из цифрового обеспечения, так это единая цифровая идентификация животных — необходимое условие разведения скота в развитых странах. Из-за

Порой эмбрионы в корову пересаживают, стоя в грязи под дождем. Непохожее на выставку высоких технологий, зато работает

неразберихи в нумерации животных работу по племенному разведению нельзя вести нормально: племенной статус присваивается фермам и комплексам, а не конкретной особи, как во всем мире. Из-за этой особенности российские племенные свидетельства не признаны мировым сообществом, то есть российскому племени закрыт путь в другие страны.

Однако в разговорах о цифровизации животноводства имеют в виду совсем другое. Предполагается, что датчики, видекамеры, роботы-кормачи и роботы-дойеры смогут лишить работы доярок, скотников, механизаторов и заменить их на инженеров-наладчиков. Даже если не брать в расчет стоимость их услуг, остается вопрос: как повальная роботизация отразится на уже и так невеселом существовании коров в современных промышленных комплексах? Тут есть солидный негативный опыт.

Революционное переселение крупного рогатого скота в промышленные молочные комплексы с почти 100%-ной роботизацией и автоматизацией происходило в СССР в начале 80-х годов прошлого века. И тут же срок жизни коров упал до 5 лет: двухлетняя телка дает двух-трех телят, и на этом все заканчивается, тогда как на обычных фермах животные дают молоко и приплод до 15 лет.

Этот парадокс токсичности «дворцового» существования дойного стада мы подметили еще в 80-е при запуске в эксплуатацию первого в СССР молочного комплекса «Щапово» на 2000 голов в Подмоскovie. По соседним фермам Подольского района было собрано поголовье телок и нетелей, которых поселили в хоромы городского типа. После советских ферм,



Современная ферма на 200 голов. Вентиляторы, душ в жару, галогеновые светильники, ушные бирки и электронные метки на ошейниках. Иногда видеокамеры. Что еще нужно для коровьего счастья?

похожих на тонущие в навозе бомбоубежища, немецкий красавец-комплекс вызывал гордость за достижения мировой мысли в улучшении жизни парнокопытных. Казалось, вот оно — коровье счастье. Корма на ленте прямиком из кормоцеха, беспривязное содержание и резиновые лежаки. Полуавтоматическая карусель доения круглосуточно катает и развлекает счастливых коров. Переодетый в специальные костюмы персонал комплекса напоминал рабочих с современного фабричного производства. Однако коровы почему-то чувствовали себя плохо.

Курировать адаптацию черно-пестрого поголовья к чудесам инженерной мысли был назначен Всесоюзный НИИ животноводства (ВИЖ, Дубровицы). Бригады сотрудников ВИЖа (включая автора) каждое утро отправлялись на комплекс. Они пытались разобраться в причинах низкой продуктивности, воспроизводства коров, их массовой заболеваемости в прекрасном дворце из стекла, дюрала и бетона. Вот как об этом пишут некоторые участники работы: «Каждый закрепленный за комплексом отдел и сотрудник ВИЖа работали по самым последним рекомендациям советской зоотехнической науки, вносили дельные технологические предложения, а зооветеринарных проблем не уменьшалось. Проверили корма — корма в порядке. Возникли проблемы с копытным рогом — задавили некробактериоз медно-купоросными ваннами. Выросла яловость — в дело пошли новейшие (на то время) препараты простагландина и гонадотропин-рилизинг-гормона... Каждый отдел рапортовал об успешно проведенной работе, а предприятие хирело» (Тваринництво сьогодні, 2011, 4).

Удой на мегаферме составил 2500 кг — ниже, чем в обычных коровниках советской послевоенной постройки, притом, что стоимость корово-места на комплексе была в семь раз выше! Выбравка поголовья превысила его воспроизводство, а се-

Аспиранты ВИЖа перед выездом на молочный комплекс «Шапово»: А. Галкин — отдел технологии производства молока, В. Мадисон — отдел эндокринологии (1983)



РАЗМЫШЛЕНИЯ

бестоимость молока зашкаливала. Немецкий чудо-комплекс через 20 лет тихо скончался, так и не выйдя на проектную мощность.

Основные беды советского молочного комплекса 40-летней давности — бесплодие и короткий срок существования коров — проявляются и за рубежом. Например, в Мексике для обеспечения столицы молоком в 1970-х годах возвели ферму на 12000 коров. Однако она просуществовала менее 10 лет, так как все животные после первого отела болели, 30% погибали от сепсиса; было полностью нарушено воспроизводство, качество молока не отвечало минимальным санитарным требованиям. Сейчас около крупных городов (в основном в США) функционируют комплексы на тысячу коров, но там практически не занимаются воспроизводством и племенным делом, уровень выбраковки животных в год составляет 70–80%. Эти комплексы пополняют поголовье за счет покупки молодняка у фермеров, благо, у тех всегда в избытке телки и нетели для продажи.

Ну не хотят парнокопытные жить и размножаться в условиях урбанизации, чахнут среди хайтековского великолепия в течение нескольких лет. И наоборот, животные мясных пород, большую часть времени проводящие под открытым небом (даже в лютые морозы), практически не болеют, с удовольствием размножаются и почти не нуждаются во внимании человека. Получается, что хайтек укорачивает жизнь домашних животных в три — пять раз! Объяснения этому парадоксу не могут найти ни отечественные, ни зарубежные ученые и производственники, которые, кажется, смирились с таким положением.

Вот, например, декан Университета штата Нью-Мексико доктор Лоуэлл Кэтлетт перечисляет пять основных трендов в животноводстве, которые, на его взгляд, могут превратить жизнь коровы и ее владельца в высокотехнологичный рай: 1) датчики; 2) робототехника и беспилотники; 3) трехмерная печать (новых органов, лекарств, вакцин); 4) видеослежение и связь между животным и человеком; 5) сбор и переработка большого объема данных о животных (облачные хранилища) («Dairy News» 11.05.18).

Эти мысли, без сомнения, найдут отклик в доверчивых душах любителей модернизации. Они, как и авторы подобных прогнозов, нечасто общаются с животными и воспринимают корову как большой смартфон, который пока недостаточно наворочен. Однако это же верх высокомерия — относиться к животному потребительски: я тебе датчики, видеокамеры, лазеры, роботы и энергетика — ты мне молоко, мясо и шерсть. Такого обращения не позволит себе фермер, который вырос в общении с животными и любит свое дело.

Биолог (и стартапер в том числе) обязан лечить не последствия, а причину недугов. Не укрощать природу животного, втискивая его в хайтековскую клетку, а попытаться понять причины несовместимости физиологии крупного рогатого скота и технологических решений на фабриках молока. Надо осознать, что коровы не механизмы, что они живут своей, часто непонятной нам жизнью. И так же непонятно, от чего



Первая в СССР карусель опытного хозяйства ВИЖ «Щапово»

(как нам кажется) заболевают в чуждом для них промышленном великолепии. В цифровом хозяйстве должна работать жесткая система возвращения ученых фантазеров с небес на землю по истечении сроков ожидания отдачи. К примеру, так работают инновационные лифты в США: в миллиардеры и обратно скатывают за десять лет.

Жила-была американская девочка Элизабет, которая в 2003 году на втором курсе бросила учебу в Стэнфордском университете, чтобы заняться научными исследованиями. Родители позволили увлеченному ребенку потратить отложенные ими на учебу деньги в стартап. Не считая этой небольшой семейной помощи, Элизабет Холмс все делала сама: занималась исследованиями в арендованной лаборатории, искала инвесторов. Инновация созданной ей компании «Theranos» состояла в том, чтобы по одной капле крови пациента произвести три десятка различных исследований, то есть получить огромное количество медицинской информации. Поскольку потенциал стартапа был очевиден, в желающих вложиться недостатка не было.

Холмс много работала, запатентовала десятки изобретений и в итоге объявила о прорыве. В 2013 году компанию «Theranos» назвали «гигантом сферы биотехнологий». В 2014 году Элизабет Холмс владела 18 американскими и 66 зарубежными патентами. Имея акционерный капитал в 9 млрд долларов и штат в 500 человек, компания предлагала своим клиентам 200 видов тестов. Состояние самой Элизабет к этому времени достигло 4,5 млрд долларов. Однако долго врать (или, мягко говоря, преувеличивать возможности) в американских стартапах нельзя. В 2015 году оказалось, что эффективность и надежность технологии «Theranos» значительно преувеличены, таким образом инвестиционное сообщество было введено в заблуждение. Холмс с этим согласилась. Главный химик компании «Theranos» Ян Гиббонс (наставник Элизабет) покончил жизнь самоубийством. На данный момент скандалы и судебные иски еще продолжаются.

Сколковский единорог

Разговор о старательных стартаперах в нашей статье зашел не случайно. Важнейшая проблема отечественного животноводства — создание племенного стада. Проблема давняя, еще дореволюционная. Образованные российские помещики (руководители стартапов, по-современному) выписывали тематические журналы («Сельский Вестник», «Животновод-

ство», «Архив ветеринарных наук») и губернские вестники, которые знакомили их с европейскими инновациями и обменивались высокими технологиями. При поддержке царского правительства устраивали выставки и выводки уникальных животных. Скотовладельцы объединялись в клубы по породным интересам для размножения и оттачивания племенных достоинств наиболее продуктивных особей. Везли в усадьбы племенных коров, овец и лошадей из Западной Европы, благо там уже создали специализированные породы.

В советское время рационализаторские предложения (инновации, как сегодня говорят) и даже открытия в сельскохозяйственной биологии тоже были. По этим показателям СССР не отставал от мировых исследовательских центров. Первые в мире поросята после пересадки эмбрионов, выполненной профессором А.В. Квасницким, родились в 1950 году в Полтавском НИИ свиноводства, опередив первых телят-трансплантатов американца Виллета. В 1947 году советские ученые В.К. Милованов, И.И. Соколовская, И.В. Смирнов показали возможность криоконсервации и длительного хранения семени сельскохозяйственных животных. Этим открытием и сегодня пользуется весь мир.

Во внедрении одной из этих инноваций — налаживании технологии эмбриотрансфера, или трансплантации эмбрионов (ТЭ), от высокопродуктивных коров на производстве — довелось поучаствовать и авторам этой публикации. На страницах «Химии и жизни», в статье «Коровы из пробирки» (1990, 6), мы поделились впечатлениями об этой работе в подмосковном госплемзаводе «Заря коммунизма», где была организована первая в СССР лаборатория эмбриотрансфера. Цель той первой публикации была просветительской — показать возможности метода ТЭ на примере первых пересадок эмбрионов от племенных коров-доноров. Тем более что следом за «заревской» лабораторией ТЭ они стали возникать едва ли не при каждом областном племенном предприятии бывшего Союза. В той статье, посвященной 100-летию юбилею первой в мировой истории ТЭ у кролика, которую осуществил в 1890 году Уолтер Хип, так был описан опыт Великобритании: «На западе экспорт и импорт эмбрионов уже стал прибыльным делом. ...И наконец, совсем недавно при Кембриджском университете была организована коммерческая компания «биотехнология животных», которая получает яйцеклетки животных и оплодотворяет их «ин витро», вне организма животных. Яйцеклетки от мясных телок берут на бойне и везут в лабораторию. После «дозревания» эмбрионы пересаживаются реципиентам в молочных стадах. При этом стоимость пересадки снижается в шесть раз, а заказчик убивает двух зайцев: имеет от коровы молоко в течение года и в придачу мясного теленка».



Бык голландской породы, выращенный в имении П.П. фон Дервиза. Пример высокой технологии разведения скота. Сельскохозяйственная выставка в Москве (1896)

Сегодня, тридцать лет спустя, стало ясно, что эти примеры внедрения высоких технологий и призывы идти в ногу со временем на нашу научную и хозяйственную номенклатуру не подействовали.

Однако благодаря созданию современных институтов развития вроде Сколково дело как будто сдвигается с мертвой точки. Вот, например, сообщение пресс-службы от 28 марта 2017 года: «Один из крупнейших в России производителей мяса компания «Черкизово» подписала соглашение с технопарком «Сколково» о создании там ускорителя агротехники, компания уже определила потенциального единорога (так называют компании старт-апы с капитализацией более 1 млрд долларов, не прекратившие быстрый рост и развитие; они столь же редки, как единороги, но все же существуют. —Примеч. авт.) среди стартапов «Сколково». Этот обитатель «Сколково» может стоить 1 млрд долларов или более — это «Артэмбриоген», разработчик технологии, которая снижает стоимость производства эмбрионов фермерских хозяйств. ...Технология российского стартапа дешевле, чем на рынках США или Бразилии, и позволит «Черкизово» производить крупный рогатый скот по цене, которая в три раза дешевле, чем у ее бразильских конкурентов» (http://sk.ru/news/b/articles/archive/2017/03/28/skolково_1920_s-first-unicorn_3f00_-attle-embryo-startup-impresses-major-russian-meat-producer.aspx).

Это же сенсация — переплюнуть феноменальные бразильские показатели ТЭ *in vitro* в три раза! Пришлось обратиться к автору статьи за разъяснением и с просьбой внести результаты ТЭ бесценного сколковского «Артэмбриогена» в российскую копилку знаний о пересадке эмбрионов. К тому же эмбриологов в России не так много, и такого зверя, как единорог за миллиард долларов, который завелся в Сколково, мы должны были бы знать.

Увы, ни заказчики проекта из «Черкизово», ни ответственный за этот проект доктор медицинских наук Владимир Беляков, гендиректор компании «Весттрейл ЛТД» (которая «объединяет несколько биостартапов под брендом «Новабиотек»»), ответа на запрос не дали. Автор статьи Шура Коллинсон вежливо ответила, что «мы не можем повлиять на выбор информации, который они (авторы проекта) готовы или не готовы раскрывать». Интересно, что результатов проекта не удалось обнаружить и на фермах Республики Татарстан, куда «Артэмбриоген» тоже успел заскочить в 2016 году (<https://www.if24.ru/klonirovaniye-v-rossii/>): «По словам основателя проекта Александра Кузнецова, за 1,5 месяца при работе в крупном агрохолдинге в Татарстане удалось получить почти 2500 эмбрионов КРС — результат, который был недостижим российскими компаниями за такие сроки до этого момента... По мнению Романа Куликова, который возглавляет в биомедицинском кластере «Сколково» направление «Биотехнологии в сельском хозяйстве и промышленности», такие результаты позволят Татарстану за 3—4 года превратиться в экспортера племенных животных».

Исходя из этих заявлений 2016 года, по меньшей мере тысяча голов племенного молодняка, родившегося после пересадки ЭКО-эмбрионов, должна сегодня резвиться на фермах Республики Татарстан, и уже в следующем году республика начнет торговать племенным скотом. Однако только в 2018 году и только на один агрохолдинг республики Росагролизинг поставит очередные 2000 голов зарубежного скота (dairynews.ru, 13.10.17). Более того, следов телят «Артэмбриогена» авторам, проживающим в городе Казани, обнаружить не удалось. Никому, включая руководителей племенного дела Республики Татарстан, ничего о них не известно.

Интересно, что Владимир Беляков — участник международного проекта по клонированию мамонта из ДНК останков, обнаруженных в вечной мерзлоте в Якутии. «Мамонт — это же целых 12 тонн мяса», — говорит он (<https://www.if24.ru/klonirovaniye-v-rossii/>).



РАЗМЫШЛЕНИЯ

ru/klonirovaniye-v-rossii/). Конечно, клонирование — очень интересное направление, однако дело это не только многообещающее, но и сложное, дорогое. Непонятно, зачем делать важные заявления до получения конкретных результатов. Хочется клонировать мамонта? Пожалуйста — после экспертизы проекта генно-инженерным ученым советом из государственного НИИ, которая убедит коллег в важности этой задачи для российского животноводства и человечества в целом.

ТЭ в России

А как на самом деле у нас с современными биотехнологиями в племенном животноводстве?

Технология пересадки эмбрионов состоит из двух этапов. Первый — получение зародыша, второй — собственно, пересадка. С получением дела совсем плохи: имеющиеся ресурсы почти не использованы. По подсчетам финского зоотехника Марии Микколы, в 2015 году сбор эмбрионов в России составляет всего 0,07 на 1000 коров молочных пород. В Люксембурге — 3,08. Во Франции, Финляндии, Дании, Нидерландах, Италии, Швейцарии и Германии — соответственно 1,36, 1,20, 1,12, 1,02, 0,92, 0,84 и 0,69. Вдумаемся: Великое герцогство Люксембург по площади в 4000 раз меньше РФ, а возглавляет европейский список из 20 стран, который мы замыкаем. С той первой публикации о возможностях отечественной ТЭ в «Химии и жизни» (1990, 6) за четверть века руководство Минсельхоза РФ ничего не сделало для импортозамещения закупок племенного скота и его разведения с использованием передовых технологий репродукции. Более того, равнодушно наблюдало, как исчезает горбачевское наследие в виде лабораторий ТЭ при племенных заводах. Ведь программа Госагропрома СССР 30-летней давности предусматривала, что к началу 90-х годов СССР по ТЭ должен выйти на уровень развитых европейских стран. И это удалось: «К 1990 году в СССР функционировало 57 организаций ТЭ (18 центров и 39 пунктов). В 1987 году ими произведено 7400 эмбриопересадок, получено 1589 телят-ТЭ» («Животноводство», 1990, 2). Целая армия отечественных биотехнологов была в короткое время обучена (в том числе и за рубежом) и направлена для работы по ТЭ на производство.

Однако, если сравнивать сегодняшние достижения российских биотехнологов с планами партии и правительства СССР, то окажется, что эмбриологи нынешней буржуазной загалки без всякой партийной и государственной поддержки от Минсельхоза сумели перевыполнить давнее задание по пересадке эмбрионов: по итогам 2016 года мы заняли пятое место среди 22 стран Европы («Животноводство России», 2018, 5), осуществив 6720 эмбриопересадок. Возглавляют список лидеров Франция, Германия и Италия, где в 2016 году было заготовлено соответственно 35, 21 и 15,5 тысяч качественных эмбрионов. Кажется, что в абсолютных цифрах пятое место в Европе — это приличный результат. Однако, в РФ поголовье крупного рогатого скота — 18,6 млн голов, почти как во Франции — 19 млн голов, то есть мы отстаем от лидера в пять раз. Для этого нужно иметь не два десятка ТЭ-

специалистов как сейчас, а пятьдесят биотехнологических групп, опекаемых Минсельхозом.

Тройку лидеров российской ТЭ в 2017 году возглавили НПП «Центр биотехнологий и ТЭ» (Московская обл.), ООО «Бетагран-Липецк» (Липецкая обл.) и ЗАО «Назаровское» (Красноярский край), которые произвели и пересадили суррогатным телкам, не имеющим племенной ценности, соответственно 10 644, 1067 и 410 эмбрионов от высокопродуктивных коров-доноров, тем самым выполнив 88,4% всех российских пересадок эмбрионов. Удивительно, но ни одного стартапа институтов развития в списке нет.

Что означает 13 710 российских эмбрионов 2017 года, много это или мало? При существующей приживляемости эмбрионов в 45—50% уже в этом году хозяйства-заказчики эмбриотрансфера получают 6000—7000 телят от высокопродуктивных молочных и мясных доноров эмбрионов, которых могло бы и не быть.

Ну и что? — скажет читатель-скептик. Шесть-семь тысяч телят на огромную Россию, когда один Росагролизинг планирует поставить только агрохолдингу «Красный Восток» в 2018 году почти 2000 голов голштино-фризского скота из-за рубежа. Однако, во-первых, стоимость привезенной из-за рубежа нетели составляет 200—250 000 рублей, произведенной из эмбриона телочки — 9—10 000 руб. Шесть тысяч телят из эмбрионов — это экономия почти полутора миллиардов рублей, большая сумма для нашего животноводства. А во-вторых, выбраковка иностранок молочных пород в чужих для них условиях обитания после первого отела (он сильно ослабляет организм матери) доходит до 40%. А рожденный из эмбриона приплод от местной суррогатной матери прекрасно себя чувствует даже на Сахалине и Камчатке. (Мы об этом много писали, одна из статей на эту тему уже 10 лет висит на сайте Минсельхоза: <http://mcx-consult.ru/page0110112009>).

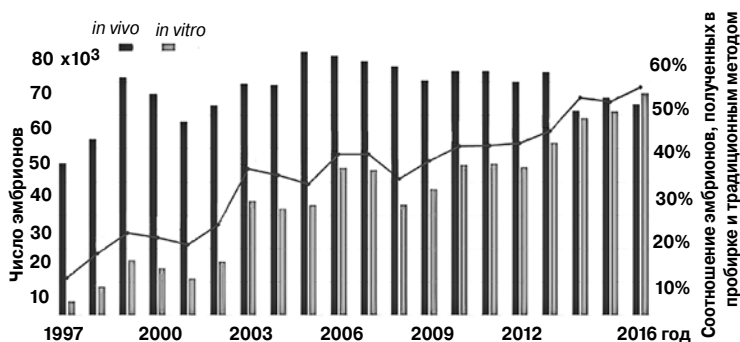
Размножение в XXI веке

Впрочем, классическая технология ТЭ — это все-таки прошлый век, а сельскохозяйственная эмбриология развивается быстро. Всего 100 лет назад человек предпринимал робкие попытки искусственного осеменения домашних животных и отработывал приемы трансплантации эмбрионов на лабораторном материале; 25—50 лет назад вплотную подошел к управлению эмбриогенезом с использованием генной инженерии, и уже сегодня в управлении репродукцией животных и человека неизведанного практически не осталось (см. таблицу).

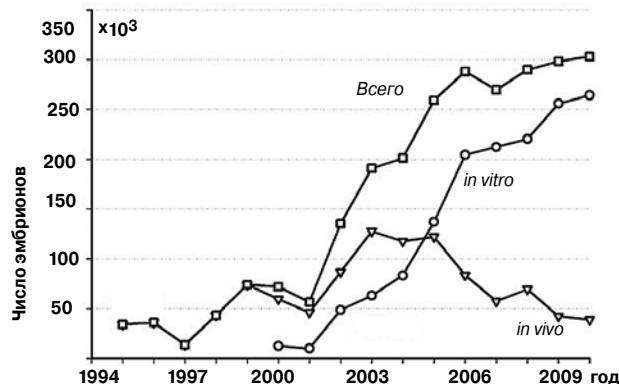
Еще через 25 лет биотехнологические приемы репродукции и генетического моделирования станут обычными для практиков и исследователей. Уже сейчас в Интернете можно найти приглашения на курсы, где за несколько сотен долларов любого желающего научат редактировать геномы (для начала бактерий или дрожжей) методом CRISPR.

Но путь к использованию этих возможностей лежит через «пробирочные» методы экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) и выращивание зигот вне организма *in vitro*. А они в современной России находятся в начальной стадии развития — это младенец, который только учится ходить в «бразильском» манеже. Почему в бразильском? Бразильские биотехнологи первыми в мире десять лет назад всерьез занялись выращиванием и оплодотворением ооцитов вне организма и сегодня остаются лидерами в использовании этой технологии на фермах.

Каким образом латиноамериканская страна без революционных цифровых реформ совершила прорыв в ЭКО, стала мировым лидером в биотехнологии воспроизводства племенного скота? Бразильские биотехнологи вовремя уловили тренд перехода сельскохозяйственной эмбриологии к нетрадиционной ТЭ: производству и оплодотворению за-



Момент истины 2016 года, когда пробирочные методы ТЭ в мировой практике размножения сельскохозяйственных животных впервые обошли технику традиционного ТЭ (<http://www.assessoriaagropecuaria.com.br/noticia/2018/03/09/mercado-da-fiv-em-expansao>)



Бразильский прорыв состоялся на одиннадцать лет раньше — в 2005 году

родышей в пробирке. Они сумели обойти природные блоки суперовуляции (в среднем пять качественных зародышей на извлечение из одной коровы) и решили не ждать милости от воздействия фолликулостимулирующих гормонов на яичники донора, а аспирировать ооциты непосредственно из яичников (как в человеческой эмбриологии ЭКО). То есть брать не качеством эмбриосбора, на которое полагается традиционная ТЭ, а числом. Благо любая высокопродуктивная корова-рекордистка (да и беспородная буренка) имеет

Состояние биотехнологических исследований в репродукции домашних животных и современные возможности их использования в практической ТЭ

Черный — стадии научных исследований, белый — практическое освоение научных разработок, серый — использование в практике разведения

Биотехнологические способы репродукции животных	100 лет назад	25 лет назад	Сегодня
Ксенотрансплантация			
Партеногенез			
Получение химер (генетических мозаиков)			
Эмбриональное клонирование			
Клонирование соматических клеток			
Производство трансгенных животных			
Оплодотворение ооцитов <i>in vitro</i>			
Разделение спермы и эмбрионов по полу			
Криоконсервация спермы и эмбрионов			
Специальные возможности с.-х. эмбриологии*			
ТЭ в ускоренной репродукции с.-х. животных			
Искусственное осеменение с.-х. животных			

* Разделение эмбриона на части (получение однояйцевых близнецов); искусственное многоплодие подсадкой или пересадкой нескольких эмбрионов; оздоровление стада от инфекционных заболеваний через ТЭ; биопсия эмбрионов для определения пола и генетической идентификации приплода (кариотипирование)



Герои нашего времени: эмбриологи из Бразилии на фоне стада абердин-ангусов Мираторга (2017)

сотни тысяч зачаточных ооцитов, способных дать жизнь племенному приплоду. Огромное стадо миниатюрных рекордисток, которые нуждаются лишь в правильном инкубаторе и грамотном эмбриологе. Выращивай — не хочу! Еще в 2005 году бразильские биотехнологи перешли рубеж: получение эмбрионов в пробирке обогнало традиционную ТЭ. И вот при общемировом объеме 666 000 полученных и выращенных *in vitro* зародышей крупного рогатого скота в 2016 году на долю Бразилии пришлось 347 000 эмбрионов, из них было пересажено реципиентам 276 000. На втором месте США (получено 239 000, пересажено 118 000 эмбрионов). Для сравнения: в РФ в том же году было получено *in vitro* всего 911, а пересажено 128 эмбрионов (0,03% мирового и 0,05% бразильского объема ТЭ).

И эта технология наконец-то доходит до нас. В прошлом году бразильские эмбриологи из фирмы «In vitro Brasil» славно поработали на базе мясного поголовья абердин-ангусов ООО «Мираторг» в Брянской области. Более того, вывели российскую эмбриологию в европейские лидеры ЭКО-ТЭ по итогам 2017 года («Dairy news», 29.05.18). За 45 летних дней десять молодых бразильских специалистов на Брянщине пересадили телкам-реципиентам 23 000 эмбрионов после аспирации фолликулов и оплодотворения ооцитов в пробирке (OPU+IVF) — это больше общеевропейского годового объема ТЭ *in vitro* (14 000 в 2016 году). Видимым результатом биотехнологического прорыва на фермах «Мираторга» стали 8000 племенных телят. «Мираторг» практически сразу после лизинговых интервенций объемом в 110 000 голов скота за-

Директор ЗАО «Абабковское»

Грязнов С.Ю. со своей подопечной красногорбатовкой



РАЗМЫШЛЕНИЯ

интересовался современными методами воспроизводства племенного поголовья. В планах компании — на 99% обеспечить замещение импорта племенного поголовья по абердин-ангусской породе и при этом довести его общую численность к 2020 году в Брянской области до 330 000 голов. К этому времени компания выйдет на первый миллион животных.

Вот это и есть прорыв в животноводстве: сэкономить на внутрироссийском разведении племенного скота сотни миллиардов рублей. За полтора месяца работы бразильских специалистов «Мираторг» получил 8000 телят абердин-ангуса, приобретение которых за рубежом обошлась бы хозяйству в 1,5 млрд рублей. Повторим, что несколько десятков таких российских групп биотехнологов в течение года заваляли бы страну эмбрионами лучших зарубежных пород. А дальше чудесное продолжение: работа селекционеров над улучшением уже завезенной генетики (чтобы не растерять племенной потенциал) и ее размножением, в том числе и с использованием эмбриотехнологий. Поставки эмбрионов в дочерние компании, на продажу и за рубеж...

А еще это легкий путь к сохранению редких, исторических и исчезающих российских пород, таких как, например, красногорбатовская. Не тигры с леопардами и мамонтами, зато нечто практически важное и востребованное обществом. Красногорбатовская порода была выведена в начале XIX века скрещиванием потомков старинной тирольской породы и приокского скота. В ЗАО «Абабковское» Нижегородской области остался единственный гурт из 600 красногорбатовок. Чем примечательна эта корова? Она некрупная, жирномолочная, оченьмышленная, легко приручается. Большинство животных уравновешенные и спокойные, легко признают хозяина, привыкают к нему и отзываются на имя. Реагируют на отношение к ним, различают интонации, настроение. Может быть, для крупной фермы они не очень подходят, но прекрасно вписываются в личное подворье. По данным 2017 года, предоставленным эмбриологом В.Ю. Бабенковым (ООО «Бату плюс»), в прошлом году от красногорбатовских коров-доноров в «Абабковском» получено 286 качественных эмбрионов. После пересадки 121 зародыша в Калмыкии установлено 75 стельных реципиентов. Значит, вскоре вблизи Элисты появится ощутимая прибавка к исчезающему гурту уникального скота. И эта порода не единственное достояние отечественного животноводства, которое можно сохранять благодаря современным методам. К сожалению, забота о таком парнокопытном музее остается уделом энтузиастов.

С появлением в России мясных и молочных «королей» отечественная ТЭ растет и развивается. Развивается благодаря увлеченным эмбриологам, прошедшим и горбачевский биотехнологический рассвет, и ельцинский развал, плавно перешедший в нынешний период недооценки ТЭ. И хотя их порывы остаются незамеченными организаторами хайтековых прорывов, именно они не дали пропасть отечественной ТЭ в нелегкий период реформ и сегодня тащат на себе отечественную эмбриологию.



Черная дыра в Земле?



Christian Miki, University of Hawaii-Manoa

С.М.Комаров

Правда ли, что в Земле растет черная дыра и американцы это подтвердили недавним наблюдением? Бред? А в Интернете пишут, что растет... Но если б любопытствующие обитатели Сети читали первоисточники, то знали бы, что же может заставить физиков рассматривать такой экзотический сценарий.

Истинно вам говорю: 4 мая 1925 года Земля налетит на небесную ось!

М.А. Булгаков. Собачье сердце

Преобразования тестов

«Физики подтвердили рост черной дыры внутри Земли». Так озаглавил свой материал от 25 июля 2018 года анонимный журналист А. Н на сайте агентства ANNA, созданного в Бельгии группой курдских журналистов. Каким образом черная дыра внутри нашей планеты касается курдского освободительного движения, неясно, но это сообщение поисковая система выдает как основной источник, который послужил отправной точкой для творчества журналистов других интернет-изданий, специализирующихся на доставке публике сверхинтересных новостей. Суть же курдского сообщения состояла в том, что в журнале «Physical Review Letters» опубликована свежая статья о работе зонда «ANITA». Он летает над Антарктидой и фиксирует потоки нейтрино. Так вот, из данных зонда следует, что в Земле растет черная дыра. Впрочем, добавляет курдский журналист, некоторые ученые считают это указанием на протекание внутри Земли термоядерной реакции, которая и объясняет глобальное потепление.

Российские журналисты, творчески переработав текст, добавляют, что, по мнению отдельных экспертов, это не черная дыра шалит, а раса диггеров посылает на поверхность Земли нейтрино. В общем, мнения разошлись, но исследования продолжаются (последнее — чистая правда: зонд продолжает наблюдения).

Самое интересное здесь то, что статья вовсе и не опубликована, лишь принята в печати, и полного текста ее на сайте журнала в то время найти было невозможно — только реферат, где нет ни слова про черные дыры или термоядерные реакции, а в числе 63 соавторов нет ни одного с курдской фамилией. Впрочем, как это принято сегодня, предварительный текст статьи есть на сайте arXiv.com, причем он там лежит еще с 14 марта 2018 года. Из этого текста и удалось извлечь подробности интереснейшего исследования, за что можно выразить благодарность сетевым журналистам, привлечшим внимание к этой не самой, на первый взгляд, впечатляющей работе.

Дым надо льдом

Суть работы состоит в следующем. Зонд НАСА АНИТА (от ANtarctic Impulsive Transient Array, Антарктический импульсный пролетный массив) был впервые запущен в по-

лет вокруг Антарктиды очень давно — 15 декабря 2006 года около станции Мак-Мердо. С тех пор примерно каждые два года он летает примерно по месяцу на воздушном шаре в верхних слоях атмосферы на высоте 35—37 км над уровнем моря или 33—35 км над поверхностью льда, постепенно смещаясь к полюсу. Задача эксперимента — фиксировать появление нейтрино сверхвысоких энергий космического происхождения. Собрав данные, исследователи пару лет их анализируют, что-то меняют в детекторе и снова запускают зонд в полет. Четвертый эксперимент прошел в конце 2016 года, так что, видимо, в ближайшее время мы узнаем новые результаты. Пока что анализ сводится к тем событиям, что были зафиксированы в первых трех полетах.

Откуда берутся нейтрино сверхвысоких, эксаэлектрон-вольтовых (ЭэВ) энергий — а это в миллионы раз больше тераэлектрон-вольт (ТэВ), которые достигнуты на самом мощном устройстве, созданном руками человек, Большом адронном коллайдере, — речь пойдет ниже, но сначала расскажем о методах детектирования таких нейтрино.

В 1962 году Г.А. Аскарьян, будущий лауреат Ленинской премии, а тогда научный сотрудник Физического института АН СССР им. П.Н. Лебедева (ФИАН), выдвинул интересную идею. Если по твердой среде перемещается частица со скоростью, большей скорости света в этой среде, она порождает компактное, размером в несколько кубических



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

сантиметров, облако заряженных частиц — электронов и позитронов. Никаких следов это облако при своем движении оставлять не должно ввиду равенств суммарных зарядов электронов и позитронов. Однако Аскарьян предположил, что при движении в плотной среде очень быстро происходит нарушение равенства числа этих частиц — электронов оказывается на 20% больше, то есть возникает электрический ток, который порождает когерентное (как в лазере) излучение с определенными характеристиками. Поймав это излучение, можно зафиксировать наличие такого облака.

До конца 80-х годов идея Аскарьяна особого внимания не привлекала, но по мере развития астрофизики у исследователей появилась задача фиксирования нейтрино сверхвысоких энергий. Как известно из физики, чем выше энергия, тем меньше поток частиц. Соответственно, чем меньше частиц, тем больше должен быть детектор, особенно с учетом того, что нейтрино крайне неохотно взаимодействуют с веществом. Скажем, для поимки нейтрино с энергией ТэВ вполне подходит кубометр льда: такой детектор IceCube был построен в Антарктиде. Однако уже для фиксирования нейтрино с энергией в тысячу раз больше (ПэВ) нужны тысячи кубометров льда, а для следующего разряда энергий, ЭэВ, — миллионы.

Построить такой детектор невозможно, поэтому приходится использовать какие-то природные объекты, например ледяной щит Антарктиды или Луну. Первый оказался наиболее удобным. Во-первых, запустить зонд над Антарктидой гораздо проще, чем снаряжать межпланетную экспедицию. Во-вторых, холодный лед, будучи диэлектриком, прекрасно пропускает радиоизлучение, а именно радиоизлучение и должно возникать при реализации эффекта Аскарьяна в случае нейтрино сверхвысоких энергий.

В конце 1990 — начале 2000-х годов были проведены эксперименты, которые подтвердили эффект Аскарьяна в таких диэлектриках, как соль, лунный реголит и лед. Например, чтобы проверить пригодность последнего в качестве детектора, в 2006 году исследователи сложили пять с половиной тонн чистого льда и направили на него пучок электронов и протонов из ускорителя. Надо льдом на высоте восемь метров висел зонд АНИТА, который зафиксировал соответствующее излучение. Так была доказана его работоспособность.

События

И вот начались исследования. Зонд летал над Антарктидой, за один облет обзревая примерно полтора миллиона кубических километров льда. Увы, ни одного сигнала от высокоэнергетического нейтрино, врезавшегося в антарктический лед, зафиксировано не было. Однако некоторые интересные события заметить удалось. Прежде всего, это были следы попадания в атмосферу сверхэнергичных, с энергией в ЭэВ, частиц космических лучей. Таких событий набралось по полтора-два десятка на первый и третий об-



Brian Hill of the University of Hawaii-Manoa

«АНИТА» готовится к полету

Тау-гипотеза

Главная проблема состоит в том, что на Земле нет никаких источников достаточной мощности, чтобы создать частицу, обладающую энергией в эксаэлектрон-вольты. Поэтому приходится обращаться к источникам космического происхождения. Однако если ливень породила космическая частица, которая ударила в Землю с противоположной стороны от зонда АНИТА, значит, она прошла от 5 до 7 тысяч километров тверди. Никакой ион космических лучей на это неспособен, только нейтрино. Поэтому возникло предположение, что ливень дал тау-лептон, порожденный столкновением тау-нейтрино с веществом. При этом нейтрино само обладало эксаэлектрон-вольтной энергией. Этот тау-лептон, будучи сильно нестабильным, но, двигаясь со скоростью, близкой к скорости света, мог дожить до места пересечения ледяной поверхности с атмосферой, а то и вылететь из льда на высоту в несколько километров, где и распасться, породив искомый ливень дочерних частиц.

В этой прекрасной гипотезе есть одно слабое место. Нейтрино таких энергий за время своего путешествия сквозь Землю должно было полтора десятка раз провайзаимодействовать с веществом и исчезнуть, породив тау-лептон. Тот, распадаясь, в свою очередь, мог породить следующее тау-нейтрино, но с гораздо меньшей энергией. Получается, что при таком механизме на входе должно находиться гораздо более высокоэнергетическое нейтрино, чем это возможно, исходя из имеющейся картины мироздания: иначе никак не получить на выходе тау-лептон нужной энергии. Значит, надо пересматривать модель взаимодействия нейтрино с веществом, чтобы обеспечить ему беспрепятственное путешествие сквозь многотысячекилометровую толщу, либо искать другие источники нейтрино сверхвысоких энергий.

В попытке найти хоть какое-то объяснение исследователи посмотрели, не было ли в нужном секторе пространства катастрофы, способной дать нейтрино достаточно высокой энергии. Во втором случае, действительно, удалось найти сверхновую SN2014dz, которая могла бы отвечать за событие, но вероятность этого оказалась статистически незначима. Кроме того, ее нейтринная светимость оказывалась гораздо выше, чем следовало из данных о светимости в видимом диапазоне, и эти нейтрино должны были заметить другие нейтринные детекторы. А у первого события никаких возможных кандидатов вообще найти не удалось. На этом физики и остановились, надеясь получить в следующих полетах АНИТА больше информации, а в базах данных с результатами наблюдений других детекторов отыскать что-то связанное с обоими аномальными событиями.

Космические нейтрино

Нейтрино сверхвысоких энергий — одна из самых горячих тем в астрофизике. Вот как поэтически говорил о них участник коллаборации АНИТА Предраг Миоичевич на конференции в Стэнфорде в 2004 году: «Они представляют собой третью ногу, которая необходима для поддержки всей современной астрофизической теории, и вместе с оптическими наблюдениями и изучением космических лучей позволят дать более ясное представление о внутреннем устройстве самых энергичных машин во Вселенной» (arXiv:astro-ph/0503304v1 14 Mar 2005).

Проблема такова. В 60-х годах, когда Аскарьян придумывал механизм эффекта, названного его именем, две другие группы физиков-теоретиков придумали ограничения на энергию космических лучей. Это были Кеннет Грейсен из Корнелловского университета и Г.Т. Зацепин и А.В. Кузьмин из ФИАна. Их статьи вышли в 1966 году, то есть как раз после того, как случайные измерения Арно Пензиаса и Роберта

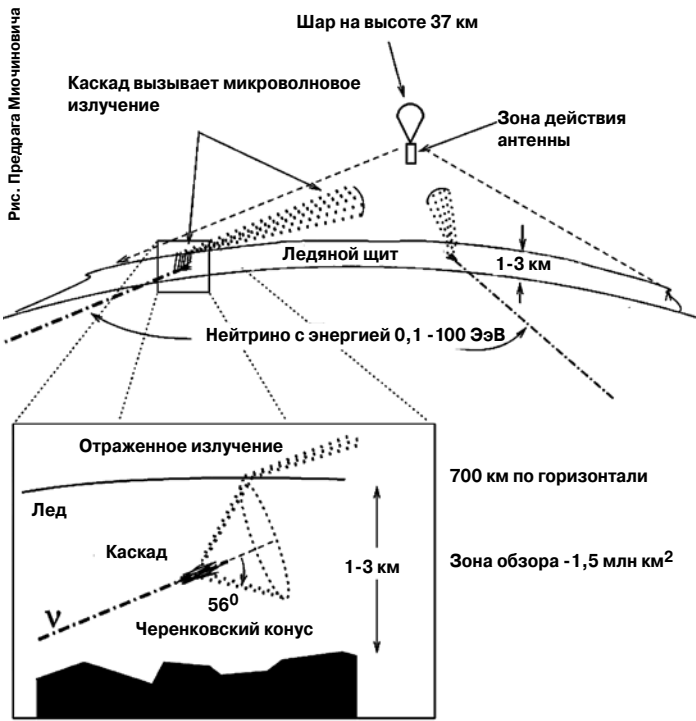


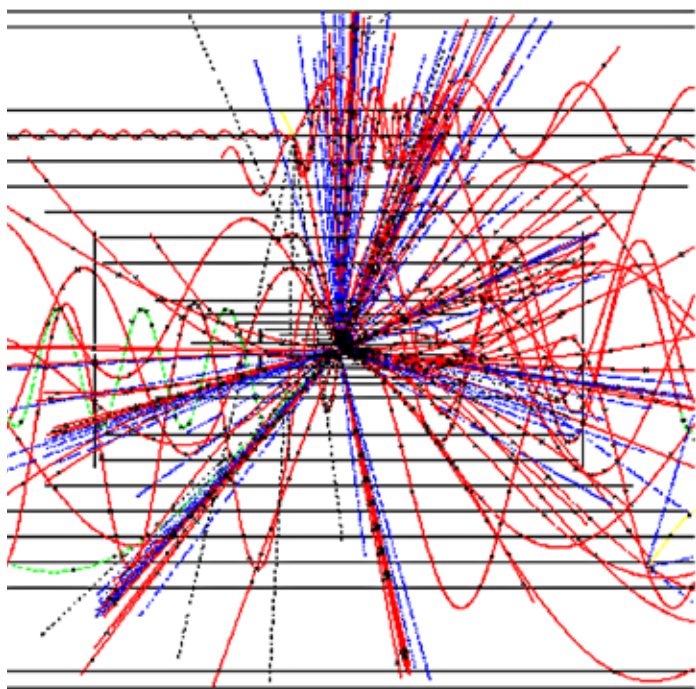
Схема детектирования нейтрино по эффекту Аскарьяна

леты (во время второго облета у АНИТА отменили задачу фиксации следов космических лучей). Когда энергичная частица лучей попадает в атмосферу, она, столкнувшись с какой-нибудь молекулой, порождает ливень вторичных частиц. Те, в свою очередь, формируют радиоизлучение, и оно, отразившись от льда, попадает в детекторы зонда. То, что ливень летит вниз, а излучение отражается и летит вверх — важно: это сказывается на поляризации сигнала. Антенны АНИТА прекрасно умеют фиксировать эту поляризацию и таким образом отличать сигнал космического происхождения от антропогенного сигнала. В общем-то сигналы от космических лучей ожидали.

Но среди зафиксированных сигналов оказалось несколько странных. Во время первого полета обнаружили два сигнала, пришедшие из-за линии горизонта, у которых отражение не изменило поляризацию. Во всем остальном сигнал соответствовал тем, что получались от космических лучей. Эти два сигнала определили как пришедшие от космического луча, распространяющегося горизонтально.

Но были еще два аномальных сигнала. Первый, полученный при первом полете, поначалу отвергли, поскольку он совершенно не вписывался в теорию. Но когда аналогичный сигнал зафиксировали и при третьем полете, пришлось подвергнуть их дополнительному анализу. Оба сигнала пришли далеко из-за линии горизонта: угловая координата соответствовала $-27-30^\circ$. Фактически сигнал пришел из-под земли, и распространялся он вверх, то есть не был отраженным. Получалось, что эти сигналы порождены эксаэлектрон-вольтными (с энергией 0,5 ЭэВ) ливнями частиц, которые возникли во льду либо невысоко над ним и летели вверх, в сторону космоса.

Что это, искомое событие от высокоэнергетического нейтрино? Нет, форма сигнала нисколько не соответствовала теории эффекта Аскарьяна. И вот тут-то начались всевозможные фантазии, в частности те, что породили сенсацию в июле 2018 года.



Предполагаемый спектр частиц при испарении микроскопической черной дыры, образовавшейся в Большом адронном коллайдере (Timothy L. Barklow, Albert De Roeck «Physics at Multi-TeV Linear Colliders», arXiv:hep-ph/0112313v1 22 Dec 2001)

Вилсона зафиксировали наличие реликтового излучения с температурой, за что они получили Нобелевскую премию по физике 1978 года. Расчет, основанный на их данных, показал, что протоны с энергией 10—100 ЭэВ будут сталкиваться с реликтовыми фотонами и терять энергию, порождая дочерние частицы. Длина пробега оказалась большой — около 50 МПс, но все равно это гораздо меньше размера видимой Вселенной. Поэтому энергия космических лучей не может превысить этого предела (теперь его называют ГЗК-пределом, по фамилиям первооткрывателей). И действительно, надежных данных, свидетельствующих, что космические лучи более высокой энергии существуют, пока не получено.

Немного позже, в 1969 году, В.А. Березинский (который не дождался заслуженной Нобелевской премии за осцилляции нейтрино, см «Химию и жизнь» 2016, № 11) и Г.Т. Зацепин показали, что при таких столкновениях рождаются нейтрино с энергией на пару порядков ниже, чем у исходных частиц космических лучей. Такие нейтрино с энергией в ЭэВ или немного меньше называют теперь БЗ-нейтрино, и вот они-то столь слабо взаимодействуют с микроволновым фоном, что могут долететь из глубин Космоса до Земли. Если бы удалось их зафиксировать, теория получила бы надежное подтверждение.

Но, как видно, пока что с ним дела не складываются, зато выплывают какие-то непонятные, не следующие ни из какой теории данные. И коль скоро космическое происхождение обеих обнаруженных частиц оказывается под вопросом, возникает искушение сказать: а что, если это нечто иное? что, если их источник лежит внутри Земли? Раз энергия частиц чрезвычайно велика, то не должно ли их породить самое страшное создание Вселенной — черная дыра?

В принципе, разговор о том, что нейтрино сверхвысокой энергии при столкновении со льдом может превратиться в микроскопическую черную дыру, шел давно, еще на этапе подготовки к эксперименту АНИТА. Как отмечает Предраг Миочиневич в уже упомянутом выступлении, ссылаясь на две статьи 2002 года, такая дыра должна мгновенно испариться



НАУЧНЫЙ КОММЕНТАТОР

по механизму Хокинга и породить ливни частиц, которые удастся зафиксировать благодаря все тому же эффекту Аскарьяна. Это будет приводить к ложному увеличению числа событий, которые регистрирует АНИТА. Поскольку никаких нейтринных событий за двенадцать лет работы так и не было замечено, видимо, эта гипотеза не очень состоятельна.

А может ли микроскопическая черная дыра космического происхождения прошить Землю и, вылетев с другой стороны, вызвать идущий вверх высокоэнергетический ливень частиц, похожий на тот, что получается при распаде тау-лептона? Вопрос непростой, и ответ зависит от того, как ведет себя такая черная дыра.

В рамках имеющегося консенсуса микроскопическая черная дыра из частицы с энергиями больше ТэВ может образоваться при условии, что наше пространство имеет скрытые измерения. При испарении она образует множество элементарных частиц, однако спектр их неизвестен, а разные теории дают сильно отличающиеся оценки, тем более что неизвестны не только параметры скрытых измерений, но и само их наличие под вопросом. В специальных детекторах ускорителя элементарных частиц различить продукты испарения черной дыры и распада лептона не сложно. А вот может ли это сделать АНИТА, которая ловит только радиоизлучения, не очень понятно.

Главное же в том, что есть сценарии, согласно которым, раз возникнув, микроскопическая черная дыра оказывается долгоживущей. Она испаряется, только оказавшись больше размера скрытых измерений, а до этого момента либо стабильна, либо поглощает вещество и растет. При таком сценарии, пролетая сквозь Землю (на что тратится несколько десятков миллисекунд) и активно поглощая вещество, благо его плотность высока, дыра, достигнув критического размера, перейдет в метастабильное состояние: сколько вещества поглотила, столько и испарила в виде ливней частиц. Эти ливни вызовут распространяющееся вверх излучение, в том числе радиоизлучение, идущее из глубин Земли. Вылетев же за пределы тверди, дыра утратит способность к росту ввиду малой плотности окружающего вещества, замкнется в пределах скрытых измерений и бесследно исчезнет в пространстве.

Не исключено, что подобные гипотетические соображения, основанные на непроверенных и весьма спекулятивных моделях, позволили отдельным энтузиастам привлечь черную дыру внутри Земли к объяснению аномалий, зафиксированных зондом АНИТА.



Сенгер был убежден, что последовательность аминокислот в белке постоянна, и занялся ее определением в маленьком белке инсулине.

Инсулин — гормон, выделяемый поджелудочной железой, который подает сигнал клеткам печени забирать избыток сахара из крови. Он был впервые выделен в 1921 году Фредериком Бантингом и Джоном Маклеодом и сразу начал использоваться для лечения диабета. В 1940-х годах препарат бычьего инсулина можно было купить почти в любой аптеке, и стоил он недорого.

В начале своей работы Сенгер нашел способ определить, какая аминокислота находится на конце белковой молекулы. Он обнаружил, что с аминогруппой первой аминокислоты в цепочке (так называемым N-концом белка, в отличие от хвостового C-конца со свободной COOH-группой) очень прочно связывается 1-фтор-2,4-нитробензол; позже он получил название реактива Сенгера. Эта связь сохраняется даже после полного гидролиза белка (рис. 1). Разделив получившиеся аминокислоты, легко можно установить, с какой аминокислотой связался динитробензол и, следовательно, какая аминокислота стоит первой в цепочке.

При взаимодействии с инсулином реактив Сенгера связывался с двумя аминокислотами: глицином и фенилalaniном. Может ли молекула белка иметь два N-конца? Может, если она состоит из двух полипептидных цепей (рис 2). В 1949 году Сенгер разработал способ разделения цепей инсулина и показал, что они соединены друг с другом дисульфидными мостиками.

Определение последовательности аминокислот в инсулине проводилось по следующей схеме. Белок подвергался частичному гидролизу, после чего получившиеся короткие полипептиды разделяли методом электрофореза на листе фильтровальной бумаги. Затем в каждом коротком полипептиде концевую аминогруппу связывали с реактивом Сенгера. Далее проводили полный гидролиз каждого полипептида и, во-первых, определяли его аминокислотный состав, а во-вторых, выясняли, к какой аминокислоте присоединился реактив. В случае необходимости проводили повторный частичный гидролиз коротких полипептидов.

Исследовав подобным образом большое число разных продуктов частичного гидролиза, Сенгер сумел расшифровать последовательность аминокислот в обеих цепях инсулина. Выяснилось, что одна состоит из 30 аминокислот, другая — из 21. Попутно Сенгер установил, что пищеварительные ферменты, осуществляющие частичный гидролиз полипептидов, режут белок в строго определенных местах. Эта работа была завершена к 1953 году.

После работ Сенгера у исследователей не осталось сомнения в том, что каждый белок имеет строго определенную последовательность аминокислот. Это утверждение стало одной из основ современной молекулярной биологии.

За расшифровку первичной структуры инсулина Фредерик Сенгер получил в 1958 году Нобелевскую премию по химии.

В 1950-х годах Кембриджский университет стал мировым центром молекулярно-биологических исследований. Здесь работали Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик, предложившие модель строения ДНК, Макс Перутц и Джон Кендрю, методом рентгеноструктурного анализа расшифровавшие пространственную структуру гемоглобина и миоглобина. Одним из наиболее ярких кембриджских исследователей стал и Фредерик Сенгер. Он был близким другом Фрэнсиса Крика и часто обсуждал с ним научные проблемы. Похоже, именно Фрэнсис Крик заинтересовал его нуклеиновыми кислотами.

С начала 1960-х годов Сенгер всерьез увлекся проблемой определения последовательностей нуклеотидов в нуклеиновых кислотах. (Сегодня эта процедура называется сек-



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

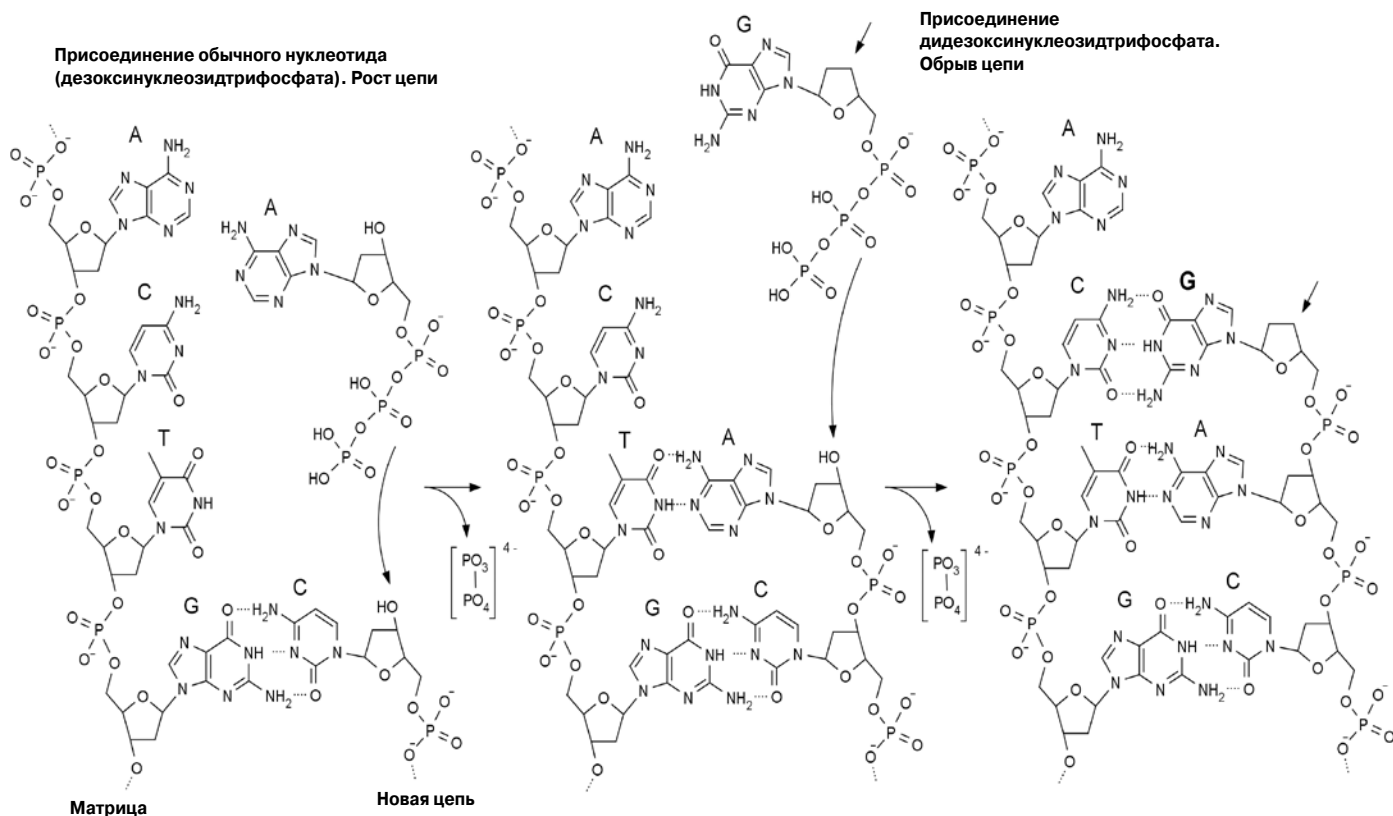
венированием, от англ. sequence — «последовательность»; говорят о секвенировании ДНК, РНК, белков.) Он попытался использовать свои наработки для определения последовательности нуклеотидов в небольших молекулах РНК. Однако его опередила группа американских исследователей во главе с Робертом Холли из Корнеллского университета, которая к 1965 году сумела расшифровать последовательность нуклеотидов в аланиновой тРНК дрожжей. Статью о расшифровке короткой РНК (120 нуклеотидов) из рибосом кишечной палочки научная группа Сенгера опубликовала только в 1967 году.

В конце 1960-х годов Фредерик Сенгер стал думать о секвенировании ДНК и в 1970-х годах разработал дидезоксиметод. В то время многие размышляли над этой задачей, предлагались различные методы (в том числе и самим Сенгером), но этот оказался самым успешным.

Дидезоксиметод использует уникальную способность молекулы ДНК к самокопированию. В классическом варианте он выглядит так. Образец ДНК разделяют на четыре пробирки, по числу нуклеотидов. В каждую пробирку добавляют компоненты, необходимые для реакции. Во-первых, ДНК-полимеразу — фермент, умеющий строить новую цепочку ДНК на матрице старой. Во-вторых, праймер, или затравку, как его раньше называли по-русски, — короткий фрагмент ДНК, комплементарный началу участка, который мы хотим прочитать. (Праймер необходим, потому что ДНК-полимераза обеспечивает присоединение нуклеотида к концу растущей цепи, то есть ей нужен для старта хотя бы короткий двунитевой участок: инициировать рост цепи с нуля она не может.) В-третьих — дезоксинуклеотиды, из которых будет строиться новая цепь. Тут есть хитрость: кроме обычных нуклеотидов, в смесь добавляют радиоактивно меченные, например содержащие изотоп фосфора ^{32}P в фосфатной группе (зачем, станет понятно чуть позже). Кроме того, в каждой из четырех пробирок один из четырех дезоксинуклеотидов частично заменен дидезоксинуклеотидом, то есть таким нуклеотидом, у которого не хватает ОН-группы и к которому поэтому не может присоединиться следующий нуклеотид. Когда дидезоксинуклеотид встраивается в цепочку, она обрывается (рис. 3).

Концентрация дидезоксинуклеотидов подобрана таким образом, чтобы в одной пробирке после полимеризации оказался набор всех возможных фрагментов, оканчивающихся на А, в другой — на Т, в третьей — на G, в четвертой — на С. Реакционные смеси разделяют с помощью электрофореза в полиакриламидном геле. Все молекулы ДНК заряжены отрицательно (ведь ДНК — это дезоксирибонуклеиновая кислота, посмотрите на ее фосфатные группы). Поэтому они движутся к плюсу, но короткие фрагменты просачиваются сквозь гель быстрее длинных. Получается лесенка, каждая ступень которой соответствует нуклеотиду (рис. 4).

Чтобы сделать эту лесенку видимой, делают радиоавтограф геля. Мы помним, что все вновь синтезированные молекулы несут радиоактивную метку. Если высушить



гель, прижать его к рентгеновской пленке и оставить так на продолжительное время, после проявления на пленке будут видны черные полоски. Кстати, идея радиоактивного мечення нуклеиновых кислот тоже принадлежит Фредерику Сенгеру — если бы не эта идея, для секвенирования требовались бы огромные количества ДНК.

Понятно, что таким способом за один раз удастся прочесть лишь сравнительно небольшой участок — ограничение прежде всего чисто физическое, связанное с числом молекул, которые можно эффективно разделить электрофорезом. Но можно потом взять новый праймер, комплементарный концу свежепрочитанного участка, и повторить процедуру. Таким образом удастся определять последовательность нуклеотидов в достаточно крупных молекулах ДНК. В 1977 году Сенгер с соавторами, пользуясь дидеозиметодом, расшифровали последовательность нуклеотидов фага ФХ174, содержащим более 5000 пар нуклеотидов.

За разработку дидеозиметода Фредерик Сенгер был второй раз удостоен Нобелевской премии по химии — в 1980 году.

А в 1983 году в науке произошло еще одно важное событие. Американских химик Кэри Муллис (р. 1944) изобрел полимеразную цепную реакцию, позволяющую быстро накапливать большое число копий определенных участков в молекуле ДНК. Этот метод дал возможность работать с очень малыми количествами исходной ДНК и, в частности, раскрыл новые горизонты перед секвенированием.

Разработанный Сенгером метод секвенирования ДНК получил широкое применение и в науке, и в практике. Конечно, как только научному сообществу стал ясен его потенциал, метод был автоматизирован. Первые автоматические секвенаторы от «Applied Biosystems» (1986) использовали принцип, разработанный в лаборатории Лероя Гуда, — радиоактивную метку сменили флуоресцентно меченные праймеры. Использовались метки четырех цветов, свечение регистрировалось автоматически, и порядок цветных вспышек в «точке финиша» электрофореза преобразовывался в последовательность нуклеотидов. Эти секвенаторы сыграли

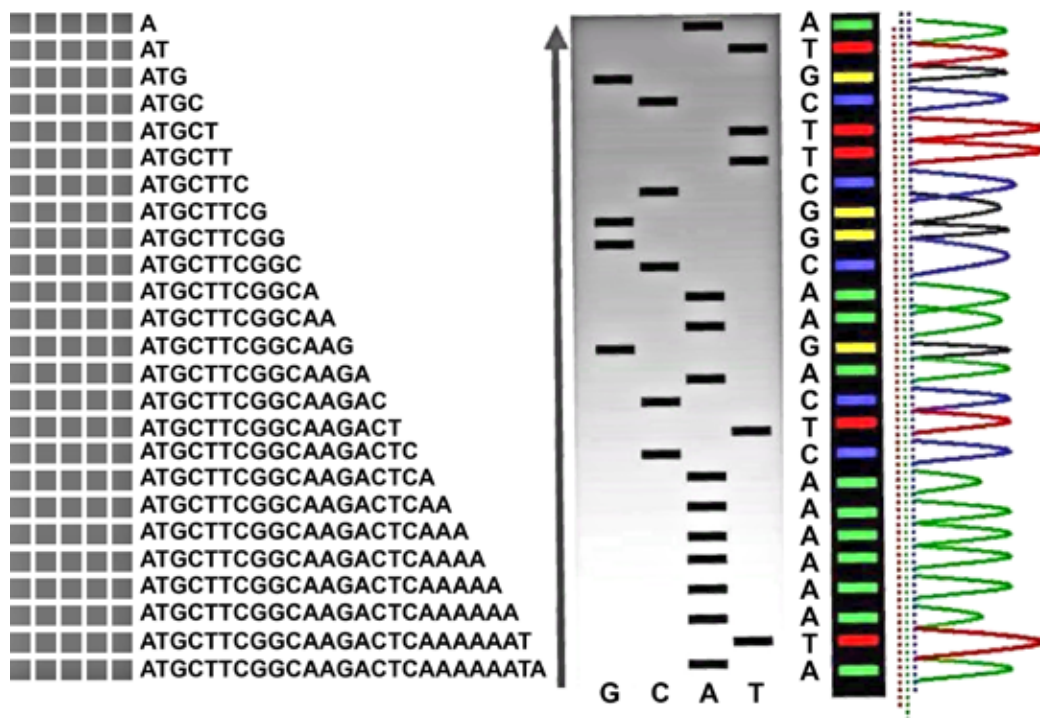
Химия секвенирования по Сенгеру. ДНК-полимераза строит цепочку, комплементарную той, которую мы «читаем», но когда ей попадаетея дидеозинуклеотид, цепочка обрывается. (Диагональной стрелкой показано место отсутствующей ОН-группы, куда должен был прикрепиться следующий нуклеотид.) В результате реакционные смеси содержат наборы нуклеотидных цепочек разной длины, и, разделив их с помощью электрофореза, можно восстановить последовательность «букв» в ДНК. Кстати, некоторые атомы фосфора в новых цепочках радиоактивны

важную роль в проекте «Геном человека». Затем появилось еще более остроумное решение — флуоресцентные метки прикрепили не к праймерам, а к терминирующим дидеозинуклеотидам, что позволило проводить все четыре реакции в одной пробирке. Но принцип метода не изменился.

С тех пор были изобретены и другие методы определения нуклеотидных последовательностей ДНК и РНК. Однако секвенирование ДНК по Сенгеру и сегодня остается золотым стандартом, особенно при первом чтении той или иной последовательности (например, первом секвенировании генома данного вида). Его преимущества — высокая точность и сравнительно большая длина фрагментов, которые можно прочитать за один раз. Высшая награда для экспериментатора — когда его фамилия звучит в лабораториях как имя нарицательное: «Мутацию подтвердили Сенгером», «А Сенгера вы ставили?».

От расшифровки последовательностей нуклеотидов в отдельных участках ДНК исследователи перешли к расшифровке геномов. Первый геном (бактериофаг ФХ174) расшифровал в 1977 году еще Сенгер. В 1995 году был расшифрован геном первой бактерии *Haemophilus influenza*, в 1998 году геном первого многоклеточного животного — круглого червя *Caenorhabditis elegans*, а в 2000-м — первого растения *Arabidopsis thaliana* (резуховидка Таля из семейства крестоцветных). В 1990 году начал работу международный проект «Геном человека», и в 2003-м он был завершен.

Сейчас трудно назвать область биологических наук, которая обходилась бы без секвенирования ДНК. Наступление ДНК-эры совершенно изменило медицину, дало ей новые



4
Фрагменты ДНК, полученные методом Сенгера, и их электрофорез: слева — традиционный радиоавтограф геля, справа — условное изображение электрофореза смеси фрагментов с флуоресцентными метками четырех цветов

задачи и новые подходы для решения прежних задач. Биохимики, исследуя функции белка в организме, прежде всего интересуются строением его гена. Диагностика наследственных заболеваний, диагностика инфекционных заболеваний, полногеномный поиск ассоциаций, позволяющий находить новые причинно-следственные связи между генами и болезнями, анализ геномов единичных клеток, который, в частности, дает совершенно новое понимание онкологических заболеваний... Зоологи и ботаники строят филогенетические деревья для разных групп организмов, сравнивая последовательности генов и геномов, реконструируя таким образом последовательность эволюционных событий (и часто жалуются, в шутку или всерьез, что секвенирование поломало им все стройные классификации, существовавшие прежде). Новая наука — палеогенетика помогает историкам находить родственные связи между народами и восстанавливать пути древних миграций. Анализ ДНК взяли на вооружение криминалисты, геномные данные сегодня широко используются для идентификации личности. У всех на слуху громкие дела, в которых ДНК сыграла важнейшую роль: установление личности террориста, устроившего взрыв в московском аэропорту Домодедово в 2011 году, изобличение серийного убийцы из штата Калифорния по прозвищу Ночной охотник. Сегодня уличить преступника позволяет даже капля слюны, найденная на месте преступления, — например, на окурке или недоеденной пище.

В этих событиях Фредерик Сенгер уже не принимал непосредственного участия. В 1983 году в возрасте 65 лет он, как принято в Великобритании, вышел на пенсию — для ученого мирового класса это редкость. Сенгер внимательно следил за успехами коллег, и они отдавали ему должное, понимая, что его вклад в некотором смысле сопоставим с заслугами Джеймса Уотсона и Фрэнсиса Крика. Так, Крейг Вентер в своей книге «Расшифрованная жизнь» с нескрываемой гордостью вспоминает, как получил от Сенгера поздравительную записку после того, как вентеровский Институт геномных исследований расшифровал геном *H. influenza*. Но сам Фредерик Сенгер был очень скромным человеком. Он предпочитал вести уединенный образ жизни, не любил шумиху вокруг своей личности и своих работ. Он даже отказался от титула, который ему предлагали присвоить за научные заслуги: «Рыцарское звание делает тебя особенным,

не так ли? Но я не хочу быть особенным». На старости лет он любил работать в своем саду.

В 1992 году в Великобритании был создан Институт Сенгера, который поставил своей целью расшифровку последовательностей нуклеотидов в разных организмах. Его возглавил молекулярный биолог из Кембриджа Джон Салстон (1942—2018). Сам Сенгер в работе института не участвовал, но напутствовал коллег словами: «Путь только попробуют не добиться успеха».

Фредерик Сенгер умер в 2013 году в возрасте 95 лет, три десятилетия проведя на покое среди розовых кустов. Многие тогда вспоминали финал его единственной автобиографической статьи («Ann. Rev. Biochem.», 1988, 57, 1—28), где он объяснял свое решение: «Я и сам не думал об отставке, пока внезапно не осознал, что через несколько лет мне будет 65 и я получу право перестать работать и заняться чем-то, чего я всегда хотел и на что не имел времени. Эта возможность выглядела неожиданно привлекательной, особенно потому, что наша работа достигла высшей точки с методом ДНК-секвенирования, и я в некотором роде чувствовал, что продолжать — значит двигаться к низшей точке. Решение, что я принял, было мудрым — не только потому, что я получил огромное удовольствие от своего нового образа жизни, но и потому, что старение не улучшило мою производительность в лаборатории, и думаю, что если б я продолжил работать, то испытал бы разочарование и чувствовал бы вину за то, что занимаю место, нужное молодым людям». — В это самое время тысячи молодых и не очень молодых людей во всех странах мира читали тексты ДНК с помощью его метода. Едва ли кто-нибудь осудил его, если бы он захотел остаться, менее всего ближайšie сотрудники, — лаборатории двукратного нобелиата нетрудно было бы найти и места, и деньги. Но Фредерик Сенгер решил так.

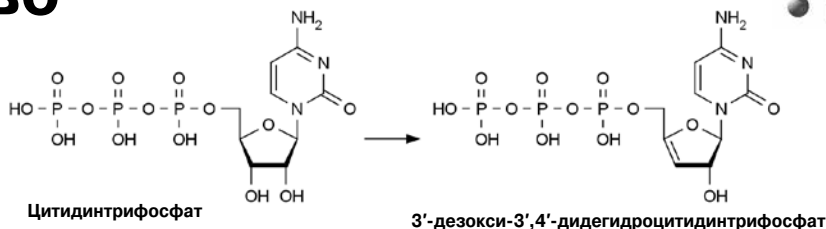
ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

Фермент создал новое лекарство

Специалисты по медицинской химии заимствовали идеи новых лекарств у растений, плесневых грибов, лягушек и моллюсков, производящих токсины. Оказалось, что полезные находки можно сделать и ближе. Группа исследователей из США обнаружила, что организм человека вырабатывает фермент, катализирующий синтез низкомолекулярного соединения, которое ингибирует репликацию ряда вирусов, включая вирус Зика. Предполагается, что эта молекула поможет разработать новые противовирусные препараты (*«Nature»*, 2018, doi: 10.1038/s41586-018-0238-4).

Относительно давно исследователи выяснили, что, если рыбы, птицы или млекопитающие подвергаются вирусной инфекции, в их организмах активируется белок вайперин, однако до недавнего времени о механизме действия этого белка было мало что известно.

Тайлер Грув и Стивен Элмо из Медицинского колледжа имени Альберта Эйнштейна и Джемми Альберт с Крегом Камероном из Университета Пенсильвании решили исследовать активность



вайперина. Оказалось, что он относится к классу оксидоредуктаз, то есть катализирует перенос электронов, формируя при этом реакционноспособные радикальные частицы. Было обнаружено, что одна из реакций, которую катализирует этот фермент, — дегидратация цитидинтрифосфата. При этом образуется 3'-дезоксидеидроцитидинтрифосфат (3'-дезоксидеидроЦТФ) — молекула, похожая по строению на известные противовирусные препараты, способные нарушать репликацию геномов РНК-вирусов. Исследователи показали также, что 3'-дезоксидеидроЦТФ ингибирует РНК-полимеразы вируса Зика, вируса лихорадки Западного Нила, вируса денге и вируса гепатита С.

Ферменты РНК-полимеразы синтезируют молекулы РНК, и вирус-

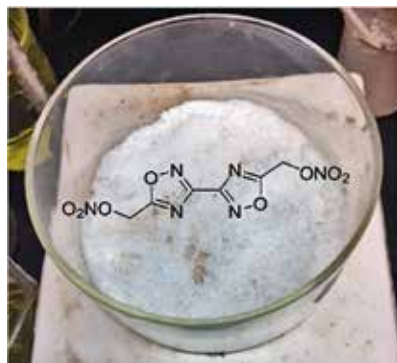
В нашем организме есть фермент, который синтезирует из обычного нуклеозидтрифосфата противовирусный препарат

ных, и человеческих. 3'-ДезоксидеидроЦТФ по структуре сходен с рибонуклеотидами, из которых РНК-полимераза строит цепи РНК вируса, но, встроившись в цепочку, он блокирует ее дальнейший рост — к нему не может присоединиться следующий рибонуклеотид. В настоящее время исследователи пытаются выяснить, почему 3'-дезоксидеидроЦТФ не мешает синтезу РНК человека. Ранее в лабораториях уже получали ингибиторы полимераз вирусов, однако биологи не предполагали, что живые системы могут вырабатывать вещества с аналогичными свойствами.

Тротил готовится к заслуженной пенсии

Исследователи из Лос-Аламосской национальной лаборатории и исследовательской лаборатории Армии США разработали новое взрывчатое вещество, которое не взрывается до температуры плавления, позволяя расплавить и придать себе любую форму. Новый материал в перспективе сможет заменить тринитротолуол, известный также как тротил, или тол (*«Organic Process Research & Development»*, 2018, doi: 10.1021/acs.oprd.8b00076).

Тринитротолуол был впервые получен в 1863 году немецким химиком Юлиусом Вильбрандом. Однако в желтых кристаллах, достаточно устойчивых, чтобы плавиться без разложения, не сразу разглядели взрывчатое вещество, и пару десятков лет тротил применяли для крашения тканей в радикальный желтый цвет. В 1891 году наконец обнаружили его взрывчатые свойства, а с 1902 года тротил стали применять как бризантное взрывчатое вещество для гражданских и военных нужд. Бри-



зантные — это вторичные взрывчатые вещества, которые, в отличие от инициирующих (первичных), более стабильны и не взрываются от случайных ударов. Способность спокойно переносить плавление и стала основным козырем тринитротолуола, позволившим ему завоевать столь значительную популярность, — его удобно формовать, он не взрывается при производстве. Тем не менее абсолютно безопасным

для здоровья тротил назвать нельзя: у работающих с ним развивается анемия, нарушаются функции печени, есть исследования, подтверждающие канцерогенность тринитротолуола. Поэтому ему много раз пытались найти замену.

По словам Дэвида Чавеса, специалиста из Лос-Аламосской национальной лаборатории, исследователи хотели найти вещество менее токсичное, чем тротил, обладающее близкой удельной плотностью энергии и при этом такое же «дружественное» к плавлению, как и тринитротолуол.

Научные исследования Чавеса были посвящены азотсодержащим соединениям — бис-оксадиазолам. На их основе Чавес получал безопасные высокоэнергетические соединения, которые можно использовать как инициаторы взрывчатых веществ.

Объединив усилия с Джессом Сабатини (его работы упоминались в статье «Химия огненного цветка» (см. «Химию и жизнь», 2016, 5), Чавес получил бис(1,2,4-оксадиазол)бис(метилен)динитрат — вещество с удельной энергетической

плотностью в полтора раз выше, чем у тринитротолуола. Его также можно плавить и отливать из него изделия нужной формы. Еще один фактор, важный для практического применения, — возможность получить соединение в промышленных масштабах. Сегодня оптимизированный

выход бис(1,2,4-оксадиазол)бис(метилена)динитрата составляет 44%, что, конечно, скромно, но лучше, чем 4—5%, которых удавалось достичь в первых экспериментах.

В планах Чавеса и Сабатини — дальнейшая оптимизация условий синтеза и

возможность получать килограммовые количества нового вещества, а также его испытания на токсичность плюс специфические тесты для всех веществ, которые планируют использовать в пиротехнике и взрывном деле.

Где пределы Периодической системы?

Незадолго до своего 150-летия, которое мы будем отмечать в 2019 году, Периодическая система пополнилась четырьмя химическими элементами. В 2016 году элементы с номерами 113, 115, 117 и 118 получили официальную прописку в Системе — это nihonium, moscovium, tennessine и oganesson. С ними седьмой ряд Периодической системы заполнился, и она стала выглядеть завершенной. Тем не менее точку ставить рано. Сейчас исследователи пытаются понять, есть ли границы у Периодической системы и сколько химических элементов может еще существовать. Ответы на эти вопросы предлагает профессор Витек Назаревич из Университета Мичигана («Nature Physics», 2018, doi: 10.1038/s41567-018-0163-3).

К сверхтяжелым относят элементы с атомным номером больше 104. Несмотря на то что некоторые из них уже получены, все они — часть обширных неведомых земель, которые пытаются покорить и химики, и специалисты по атомной и ядерной физике. Согласно расчетам Назаревича, элементов в таблице может быть 172, то есть до этого элемента (в его ядре будет 172 протона) протоны и нейтроны в ядре свяжут сильные взаимодействия, которые стабилизируют ядро и не дадут ему распасться, но стабилизация продлится лишь доли секунды. Системы, содержащие более 172 протонов, просто не смогут быть стабилизированы сильными взаимодействиями. Получается, что у Периодической системы все же есть граница.

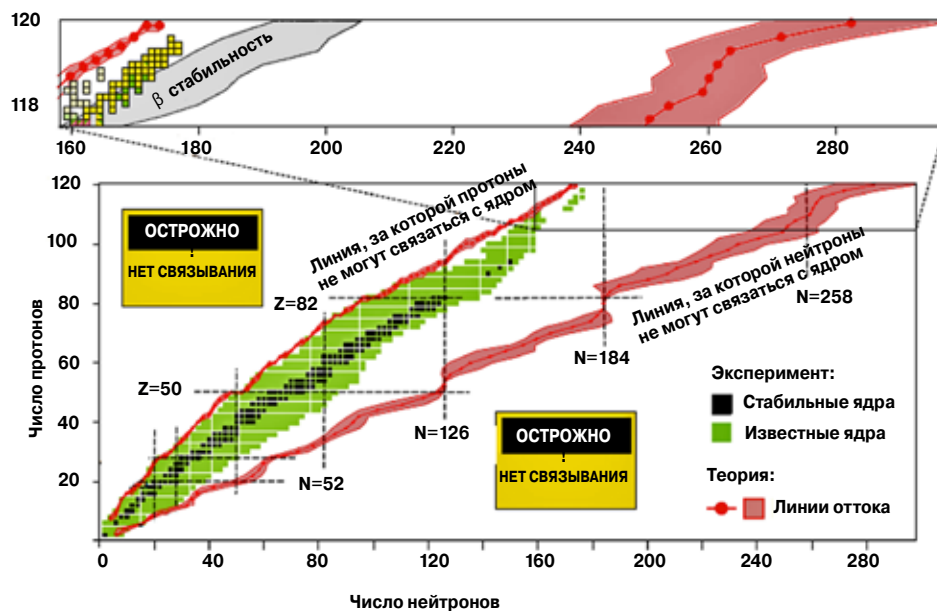
Расчеты Назаревича дают и еще один необычный прогноз. По его мнению, ядра некоторых сверхтяжелых элементов проживут столь короткий промежуток времени, что просто не успеют притянуть к себе электроны, поэтому будут существовать в виде «голых» комбинаций протонов и нейтронов. Если эти теоретические предсказания когда-нибудь удастся подтвердить эмпирически, ученым придется как-то адаптировать понятие «атом» под новые объекты — ведь они уже не будут электро-нейтральными частицами, состоящими из ядра и связанных с ним отрицательных электронов. Правда, остается загадкой,

удастся ли получить такие комбинации протонов и нейтронов и могут ли они образоваться естественным путем.

Исследователи медленно, но верно углубляются в область сверхтяжелых ядер, синтезируя элемент за элементом, однако не всегда представляют себе, как будет выглядеть результат синтеза. Сейчас попытки получить элемент № 119 предпринимают сразу несколько исследовательских центров. Увы, теория строения атомного ядра не в силах предсказать оптимальные условия для синтеза новых ядер, и пока приходится идти путем проб и ошибок. Возможно, элемент № 119, открывающий восьмой ряд Периодической системы, будет получен через пару месяцев, а может быть, процесс затянется на годы.

Не менее интересен вопрос о том, могут ли сверхтяжелые ядра образовываться в космосе. Предполагается, что при слиянии нейтронных звезд (которое протекает с колоссальным выбросом энергии) могут формироваться ядра, содержащие большее число протонов, чем самый тяжелый элемент, полученный в лаборатории, — оганессон. Более

ХЕМОСКОП



Устойчивые изотопы показаны черными квадратами, ядра, о существовании которых известно экспериментально, показаны серым. Вверху более детально показана территория сверхтяжелых ядер ($Z > 104$ и $N > 160$)

того, в космическом пространстве около нейтронных звезд концентрация нейтронов высока, и теоретически возможен самопроизвольный синтез изотопов уже полученных в лабораториях элементов, с большим количеством нейтронов. Однако ядра сверхтяжелых элементов могут распасться еще до того, как в их состав войдут нейтроны и образуются более тяжелые изотопы того же оганессона.

Возможно, новые, более точные расчетные модели позволят определить, насколько велики шансы образования сверхтяжелых элементов в космических процессах, и предскажут, как распадаются сверхтяжелые ядра, облегчив физикам-ядерщикам интерпретацию экспериментальных результатов.

Выпуск подготовил кандидат химических наук
А.И.Курамшин

Европий: факты и фактики

А. Мотыляев

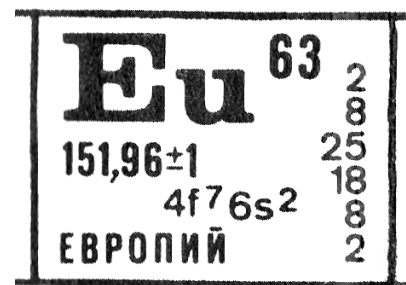
Откуда взялся европий? Из страшных вселенских катастроф. Дело в том, что все элементы тяжелее железа, согласно современной теории нуклеосинтеза, могут получаться только за счет захвата нейтронов. Потом либо излишние нейтроны распадаются, становясь протонами и порождая ядро следующего элемента, либо перегруженное нейтронами ядро делится. Физики различают медленный и быстрый, соответственно, s- и r-процессы нейтронного нуклеосинтеза. При медленном — столкновение ядра со следующим нейтроном происходит за большее время, чем требуется для бета-распада. Этот процесс не может породить все тяжелые элементы: если число нейтронов достигло «магического» значения (50, 82 или 126), то есть вся ядерная оболочка заполнена, то никакого нового нейтрона ядро уже поглощать не станет — физики говорят в этом случае, что «сечение захвата нейтрона стало очень маленьким». В результате получается много таких, магических, элементов, а немагических — мало. В быстром же процессе нейтроны попадают в ядро слишком часто, не успевают превратиться в протоны и занять свои места. Они накапливаются, формируя все более и более тяжелые ядра. Именно быстрый процесс и порождает европий.

Но для него нужен очень мощный поток нейтронов. До недавнего времени было два кандидата — взрыв тяжелых звезд, порождающих ураган нейтронов, и слияния нейтронных звезд или черных дыр. Однако как раз накануне присуждения Нобелевской премии 2017 года за открытие гравитационных волн коллективу, работающему на американской гравитационной антенне LIGO, ситуация изменилась. На этом приборе, а также на итальянской антенне Virgo было зафиксировано слияние нейтронных звезд, а астрономы смогли разглядеть этот процесс в телескопы (см. «Химию и жизнь», 2017, 11), и это позволило сделать оценки частоты таких событий. Теперь астрофизики склоняются ко второму сценарию: он

вполне позволяет насытить Млечный Путь тем количеством европия, которое наблюдают астрономы. Согласно расчету, зафиксированное в 2017 году слияние звезд породило облако европия массой $3-15 \cdot 10^{-6}$ солнечных масс, а взрыв сверхновой должен давать в десять тысяч раз меньше. В Солнце содержание европия, согласно предложенной модели, должно быть $3-4 \cdot 10^{-10}$ доли массы нашего светила. Это довольно много — всего в десять тысяч раз меньше, чем масса Земли.

Сколько европия на Земле? В земной коре европий не так уж редок — его в 250 раз больше, чем золота. Беда в том, что он весьма рассеян: вместе с другими редкоземельными металлами, РЗМ, содержится в мелких черных и желтых камушках минералов батнаситы и моназита, которые разбросаны по поймам рек или включены в состав гранитов; происхождение этих камешков не очень ясно. Оксид европия достаточно сложным способом отделяют от остальных РЗМ при переработке этих минералов.

Основные месторождения, по данным американских геологов, находятся в Китае, прежде всего во Внутренней Монголии и в Сычуани, а также в Бразилии, Индии, Австралии, США (данные по РФ в США недоступны вследствие отечественной традиции сокрытия стратегической информации, продолжающейся с советских времен). КНР в конце XX века стал монополистом — на него приходится до 95% добычи и 70—80 мирового производства редкоземельных элементов, в том числе европия. Впрочем, не исключено, что и в РФ есть невоскрытые резервы этого металла. Например, на Аляске найдены неплохие россыпи черного моназита с рекордным содержанием европия — 0,3%. А считается, что минералы Аляски и Восточной Сибири имеют общее происхождение. К тому же впервые такой моназит нашли в начале XX века в устье Енисея. Пока что самые богатые редкоземельными металлами руды обнаружены в Якутии — Томторское месторождение, там европия до 0,6%, однако три четверти

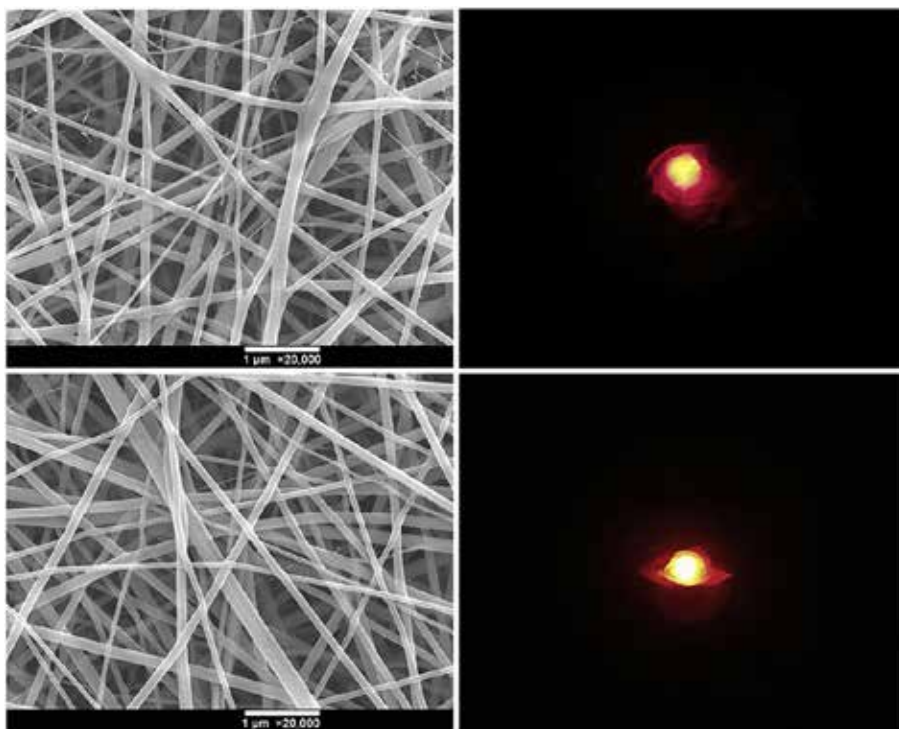


запасов находится в апатитах и лопаритах Хибин.

В общем, считается, что отечественные запасы РЗМ составляют 20% от мировых, но объем производства — менее 2%. Проблема в том, что содержание РЗМ в хибинских апатитах не превышает 0,4%, а у китайцев — 5%. Конкурировать с ними очень сложно. Поэтому сейчас редкоземельные элементы от апатитов не отделяют, они в лучшем случае оказываются в отвалах из фосфогипса либо обогащают фосфорные удобрения (вспомним, что китайцы применяют гомеопатические дозы РЗМ для повышения урожайности и достигают немалых успехов; см. «Химию и жизнь», 2013, 5). И речь идет о десятках тысяч тонн оксидов этих элементов в год. Содержание европия в фосфогипсе велико — 0,6%, а его накопленные запасы превышают 200 млн т при ежегодном приросте на 1%. Видимо, переработка этих отвалов — дело будущего.

Интересно, что на Соликамском магниевом заводе из лопаритового концентрата производят карбонаты РЗМ и 98% их идет на экспорт, в частности в Эстонию. Там находится американский комбинат «Силмет» по производству редкоземельных металлов, и не случайно Эстония обеспечивает 10% импорта европия в США, оказавшись на втором месте после КНР. Этот комбинат в советское время занимался извлечением оксида урана из дикиносовых сланцев, толщи которых в Эстонии весьма велики, а потом — уранового концентрата. Как бы то ни было, мировое производство оксида европия в начале XXI века составляло около 400 тонн, а чистого металла — под 300 тонн.

Зачем европий нужен ядерщикам? Европий прекрасно поглощает нейтроны, причем образуются изотопы, которые также неплохо справляются с этим делом. То есть содержащие этот элемент управляющие стержни должны выгорать медленно. Поэтому в некоторых атомных реакторах использовали управляющие стержни с оксидом европия. Потом выяснилось, что у них все-таки высок уровень наве-



Из полимера с европием можно создать светящиеся волокна («Optical Materials», 2018, 84, 38–45)

денной радиации. Это опасно в случае аварии, а также вызывает проблемы с транспортировкой отработавших элементов реактора. Кроме того, оксид европия весьма дорог. Поэтому сейчас ядерщики от европия отказались, заменив его карбидом бора. Однако инженеры, участвующие в разработке конструкции реакторов на быстрых нейтронах, мечтают вернуться к использованию европия — такие стержни можно использовать без снижения их поглотительной способности более десяти лет!

Как открыли европий? Эта история слегка напоминает сказку про Кощея, где утка в дупле, в утке заяц и так далее; судите сами. В 1803 году открыли церий. Из него Карл Мозандер выделил лантан и дидим, который оказался смесью празеодима и неодима. Из дидима выделили самарий. Но и он был не абсолютно чистым — в 1886 году Жан де Мариньяк выделил из него гадолиний. В 1886 году Эжен Демарсе извлек из оксида самария оксид еще одного элемента, но ему не поверили — опыт повторить не удалось. Затем Уильям Крукс и через шесть лет после него Лекок де Буабодран обнаружили в минерале самария какую-то непонятную линию. Демарсе, видимо вдохновленный этими результатами, продолжил свои изыскания и в 1896 году наконец получил чистый препарат нового элемента, обозначив его заглавной греческой буквой «сигма».

В 1901 году, после подтверждения опытов Демарсе, европий обрел свое нынешнее имя. Металлический европий сделали лишь в 1937 году.

Могут ли бактерии извлекать европий? Да, и этот удивительный способ способен пригодиться, например, при переработке европийсодержащих отходов, когда европий оказывается в растворе: почвенные бактерии *Bacillus thuringiensis* в опытах показали способность собирать на поверхности своих мембран трехвалентные ионы этого металла. Меняя кислотность раствора, их можно смыть с поверхности бактерий, которые, вернувшись в сосуд для извлечения европия, продолжат его очистку, то есть при грамотном оформлении удастся получить удобную технологию («Inorganic Chemistry Communications», 2017; doi: 10.1016/j.inoche.2016.11.012). Кстати, это не единственная попытка использовать живые существа для решения материаловедческих задач с участием европия. Если скормить этот элемент диатомовым водорослям — одноклеточным существам, облаченным в панцирь из диоксида кремния, — а потом их обработать, то получатся прекрасные диоксидные наночастицы с красным свечением. Их можно использовать в покрытии для красного светодиода.

Чем хороша люминесценция европия? Тем, что одна из линий связана с переходами электронов 4-го *f*-уровня. А они экранированы *s*- и *p*-электронами 5-го уровня, поэтому внешнее окружение атома европия мало сказывается на энергии излучаемого кванта. То есть



ЭЛЕМЕНТ №...

можно без ущерба для качества свечения вставлять этот атом в самые сложные соединения и получать яркое красное свечение под действием электротoka или ультрафиолета.

Как используют европий в светящихся устройствах? До 60-х годов XX века европий почти никому не был нужен: его мировое производство с начала века держалось на уровне сотен килограммов в год. Однако потом случилась революция: оказалось, что добавка европия к ванадату иттрия дает люминофор, испускающий под действием быстрых электронов яркий красный свет. Именно такого люминофора не хватало, чтобы сделать кинескоп цветного телевизора. Сразу же возникла задача массового производства европия. Она была успешно решена американцами, нашедшими в Калифорнии месторождение батнаситы, в котором содержание европия составляло рекордные по тем временам 0,1%. И до начала XXI века европий исправно служил в кинескопах телевизоров и компьютерных дисплеях. Когда их вытеснили жидкокристаллические дисплеи, европий оказался в составе люминофоров для дисплеев высокой яркости. Теперь же немалое число исследователей сосредоточилось на получении органических соединений европия с высокой степенью электролюминесценции — они могут стать прекрасными источниками красного света в дисплеях из органических светодиодов, а вместе с соединениями других редкоземельных элементов — тербия (зеленый) и туллия (синий) — обеспечивать белый свет.

Это имеет прямое отношение к созданию «зеленой» фотоники — здесь имеется в виду уже не цвет свечения, а экологичность. Согласно этой концепции, светоизлучающие пленки надо делать из такого полимера, для производства которого нужны не ископаемые углеводороды, а углекислый газ, извлеченный из атмосферы. Интересно, что иногда исследователям удается создать «зеленую» систему, которая преобразует ультрафиолет (именно он обычно выходит из светодиода) в



ЭЛЕМЕНТ №...

белый свет: красную компоненту дает европий, а сине-зеленую — полимерная матрица («Journal of Luminescence», 2018, doi: 10.1016/j.jlumin.2018.04.041). Порой из полимера с европием делают и волокнистый материал: его наносят на ультрафиолетовый светодиод, который светится ярко-красным. А можно из таких волокон сплести и хирургическую нить. Не исключено, что светящийся шов заживет гораздо быстрее — есть мнение, что освещение тканей человека красным светом ускоряет в них различные биологические процессы, это так называемая терапия красным светом («Optical Materials», 2018, 84, 38—45; doi: 10.1016/j.optmat.2018.06.017). Можно сделать и светящуюся красным ткань для лечебного обматывания всего тела источником яркого света. Также с европием пытаются делать электрохимические светящиеся ячейки — они аналогичны светоизлучающим диодам,

однако используют не электронную, а ионную проводимость. Соответственно, между двумя электродами у них находится слой твердого электролита, который можно сделать из полимера. Устройство получается гибким и потенциально дешевым, поскольку требования к толщине электролита невысоки и его можно печатать на принтере, а не наносить методами микроэлектроники. Так вот, в качестве возможного «зеленого» электролита предлагают использовать прозрачную пленку из хитозана с добавками европия.

Как применяют европий в медицине? Сперва использовали его радиоактивный изотоп для радиотерапии рака. А с 80-х годов XX века началось бурное создание наночастиц с европием для исследовательских применений. В первую очередь это светящиеся метки, благодаря которым узнают результат биохимической реакции. Например, в иммунном анализе антитело должно связаться с некоей макромолекулой, содержащейся в исследуемой пробе. Благодаря светящейся метке, приделанной к антителу, можно легко установить, произошло это или нет, то есть была ли искомая молекула в пробе. С европием было создано множество тест-систем для медицины — с их помощью выявляют проблемы с предстательной и щитовидной железами, инфаркт миокарда. Они же позволяют искать следы аде-

новирусов, возбудителей гепатита В, СПИДа, листерий, возбудителя сибирской язвы. Сходными методами европий помогает находить в растворах множество веществ — от ионов тяжелых металлов и перекиси водорода до антибиотиков. Наночастицы с европием подсвечивают раковые клетки, показывают пути распространения лекарств в организме. Более того, будучи неплохим парамагнетиком, он дает не только оптическое, но и магнитно-резонансное изображение.

Как европий помогает защищать авторские права? Наночастицами с европием, имеющими определенный спектр излучения, теперь принято метить электронные устройства: так изготовители пытаются бороться с контрафактной продукцией. Злоумышленник, во-первых, может не знать, где находится светящееся под ультрафиолетом пятно, а во-вторых, никогда не сможет подобрать частицы с нужными спектральными характеристиками, разве что украдет их из лаборатории изготовителя устройства.

Как европий пригодится в солнечной энергетике? Вот один из интересных способов снизить стоимость солнечных батарей. Солнечный свет падает на стеклянную пластинку. В ней находится люминофор, который дает излучение под действием света. Это излучение может выйти только через торец пластинки. Получается, что полупроводниковый элемент нужно ставить лишь у этого торца. Задача состоит в том, чтобы собрать весь падающий на пластинку солнечный свет и переизлучить его в торец. Для этого нужно усилить генерацию света внутри стекла. Это удастся сделать, добавив к люминофору металлические наночастицы — например, если добавить золото, люминесценция вырастет в три раза («Journal of Luminescence», 2018, doi: 10.1016/j.jlumin.2017.09.030). Если же наносить слой диоксида кремния с европием непосредственно на поверхность элемента из арсенида галлия, то за счет смещения спектра в красную область удастся поднять эффективность преобразования света с 18,39 до 21,07%; когда борьба идет за каждый процент эффективности, такая добавка существенна. Может быть, когда-нибудь подобные устройства, использующие способности редкоземельных металлов переизлучать свет, снизят цену солнечного электричества до приемлемого уровня.

Подпиши свою библиотеку на «Химию и жизнь» через «БиблиоРодина»



biblio.planeta.ru

«БиблиоРодина» — сервис, основанный на принципах народного финансирования, который позволит любому человеку стать меценатом и оформлять подписки на научно-популярные периодические издания в дар российским библиотекам.

На сегодняшний день в проекте участвуют около 6,5 тысяч библиотек и 70 периодических изданий, среди которых «Наука и жизнь», «Юный техник», «Знание—сила», «Химия и жизнь». Библиотеки могут самостоятельно отправить заявку на участие в проекте, заполнив форму на главной странице (<https://biblio.planeta.ru>), указав точный адрес и контактные данные. Журналы также могут подключиться к проекту по собственной инициативе.



Защита для самого ценного

С.М. Комаров

— Джамхух, умоляю, останови его! — вскричал Обьедало. — Если он сейчас начнет про дятла, который умрет от сотрясения мозга, я так его трахну вот этой головешкой по голове, что он сам умрет от сотрясения мозга! А перед смертью у него столько искр посыплется из глаз, что они затмят звездное небо, не говоря об искрах, которые посыплются из головешки.

Фазиль Искандер. Джамхух — Сын Оленя

Феномен дятла вызывает интерес человечество не один десяток и даже не одну сотню лет. Однако нет ответа на вопрос — почему не болит голова у дятла. Даже усилия Игнобелевского комитета не помогли внести ясность, а только зафиксировали существующее положение дел.

МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

Череп человека, да и не только человека, все-таки плохо выдерживает удар тяжелым тупым предметом — видимо, в самом начале, когда природа проектировала наших далеких предков, не предполагалось, что они научатся бить друг друга увесистыми дубинами. Другое дело кулаки (см. «Химию и жизнь», 2014, 7), но даже в этом случае, как только мордобой перестал быть основным средством выяснения отношений, потребность в толстом лбе и спрятанных глубоко в череп глазницах отпала, а лица людей стали вполне человеческими, а не питекантропными.

Однако есть существо, которое идеально приспособлено для сопротивления ударам по голове, — дятел. И такая способность уже не первое десятилетие вызывает удивление ученых, порождая вопрос: почему не болит голова у дятла? Ведь он бьет клювом о дерево с потрясающей мощью — при ударе голова развивает скорость 5—6 м/с, торможение в 1200 раз превышает ускорение свободного падения g , а частота ударов — более 30 в секунду. Причем за день дятел способен нанести 12 тысяч таких ударов. И ничего с ним не случается.

А ведь при ударе или резком торможении по мозгу должна пройти ударная волна, способная вызвать сильные разрушения. Например, академик В.Е. Фортов отмечал в одной из лекций, что именно ударная волна, которую создал камень, выпущенный из пращи Давида, разорвала мозг Голиафа. Вообще, человек теряет сознание, если при ударе головой перегрузка составит 5—6 g . Пересчет на дятла, у которого и голова, и мозг намного меньше, отпускает ему всего-то 65

г, а он испытывает перегрузку почти в двадцать раз больше и вполне бодр.

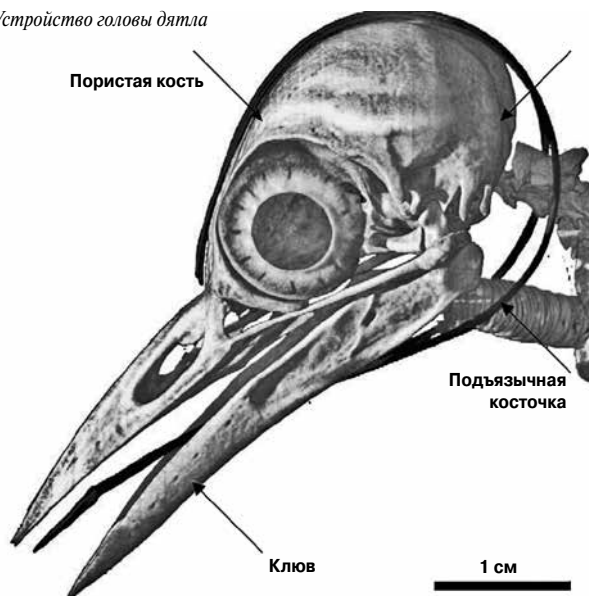
Очевидно, у дятла есть какой-то врожденный механизм, позволяющий противостоять волне механических напряжений, распространяющейся по мозгу с каждым ударом клюва. Поисками этого механизма с вполне прагматичной целью — создать более совершенные шлемы для защиты головы человека — некоторые исследователи занимаются с начала 50-х годов XX века. Однако Игнобелевскую премию 2006 года за промежуточный обзор по проблеме, опубликованный четырьмя годами ранее, получил Айвен Шwab, орнитолог из Калифорнийского университета в Дэвисе («British Journal of Ophthalmology», 2002; 86: 843—843). Удивительно, что премию ему присудили по орнитологии, а не по физике, хотя для объяснения феномена многочисленные исследователи использовали всевозможные физические соображения.

Одно из первых объяснений дятлового феномена состояло в том, что между клювом и черепом расположена некая упругая прослойка, которая и гасит ударную волну, либо надклювье и подклювье как-то изолированы от костей черепа, из-за чего ударная волна распространяется по мышцам и обходит мозг. Эта точка зрения не всех удовлетворяла — такое устройство черепа должно снижать эффективность удара клювом. И вот в 1976 году второй лауреат той же премии 2006 года, Филипп Мэй с коллегами из лос-анджелесского Госпиталя ветеранов и Калифорнийского университета, предположил, что дятел бьет клювом строго перпендикулярно к поверхности и, стало быть, в его голове не возникают сдвиговые напряжения, а именно они и разрушительны для мозга. При этом он ссылаясь на данные исследователей обезьян, которые отметили, что удар, приводящий к повороту головы, вызывал сильные повреждения мозга и потерю сознания, а удар той же силы, ориентированный так, что поворота головы не было, и сознание не отключал, и повреждения были меньше.

Дальнейшее расследование было направлено на уточнение обоих механизмов. Одни исследователи считали удары дятла по дереву, фиксировали особенности его позы и точность нанесения ударов, другие же копались в черепе дятла, причем с использованием новейших методов. Так, в работе 2015 года по данным томографии построили трехмерную компьютерную модель черепа, чтобы изучать особенности распространения ударных волн в мозгу дятла.

Накопали ученые за полсотни лет немало. Например, выяснилось, что мозг у дятла окружен совсем тонким слоем жидкости, да и сам мозг весьма маленький. Что на лбу у него имеется толстая и при этом весьма пористая кость. Что

Устройство головы дятла



http://digimorph.org/specimens/Melanerpes_aurifrons/



Такой шлем из картона сделал Анирудха Сурабхи

http://anirao.com/project_devhelmet/project_devhelmet6.php

нижняя часть клюва длиннее, чем верхняя. Самое удивительное открытие — подъязычная косточка: ни у кого такой нет. Вдумайтесь: начинаясь в кончике языка, она примерно у его основания разделяется на две части, проходит сквозь нижнюю челюсть, по бокам обходит горло, позвоночник, поднимается вверх, с двух сторон обнимает затылок, в районе темени снова соединяется в одну кость и заканчивается в правой ноздре. И к этой элегантной конструкции по всей ее длине прикреплена довольно мощная мышца. Причем косточка эта — прекрасный градиентный материал, своего рода шедевр природного материаловедения. Так, жесткость ее начального и конечного участков в два раза меньше, чем средней части, а прочность начального участка в два раза меньше, чем конечного, возле которого она приближается к прочности алюминия.

Все эти особенности строения, как показывают данные численного моделирования, защищают дятла от сотрясения мозга. Большой, упруго-жесткий клюв предохраняет мозг от случайных механических колебаний, возникающих при ударе, — он гасит их. Подъязычная косточка в комплексе с языком и мышцами — с точки зрения материаловеда, вся конструкция представляет собой вязкоупругий материал — служит для перераспределения ударной волны. Порошковая кость лба, в которую непосредственно упирается верхняя часть клюва, прекрасно рассеивает создаваемые при ударе волны напряжения, точнее, гасит их высокочастотную компоненту. Модельные оценки, которые получены с использованием сосуда, заполненного стеклянными микросферами, показали, что порошковая кость должна пропускать 90% низкочастотных колебаний и гасить 90—99% высокочастотных, — прекрасный и очень важный результат, поскольку в начальный момент удара именно высокочастотная составляющая ударной волны очень сильна и способна вызвать отключение сознания. Ну а благодаря своей малой толщине слой жидкости, отделяющий кость черепа от мозга, оказывается плохим проводником в мозг тех компонентов ударной волны, у которых длина волны велика. Дятел еще и глаза закрывает — веки становятся дополнительным поглотителем удара. Все эти хитрости, а также тщательно выверенная ориентация клюва относительно поверхности в момент удара — именно она определяет направление движения ударной волны — и позволяют дятлу долбить деревья с утра до вечера и не страдать от головной боли.

Но как могли возникнуть все эти хитрые приспособления, без которых дятел неизбежно заработал бы сотрясение? Тут проблема курицы и яйца: трудно объяснить, как нечто сложное появилось путем маленьких эволюционных изменений, ведь они, пока они были маленькими, не приносили пользы своему обладателю и поэтому не могли быть сохранены отбором. Возможно, разгадку нашел коллектив дятловедов

из Бостонского университета во главе с Джорджем Фарахом («PLoS ONE», 2 февраля 2018 года; doi: 10.1371/journal.pone.0191526). Они провели очень гуманное исследование — копались в мозгах не живых дятлов, а заспиртованных экспонатов университетской коллекции. И обнаружили, что нейроны дятлов, в отличие от служивших контролем дроздов, буквально оплетены так называемыми тау-белками, про которые известно, что они появляются в мозгу человека после сотрясения. По мнению Фараха, не исключено, что эти белки появились в мозгах дятлов не из-за хронического сотрясения, а, наоборот, защищая от него. Тогда все укладывается в рамки эволюционной теории: у какого-то предка дятла возникло в мозгу много тау-белка, и он смог долбить дупло, за счет чего получил преимущество и дал многочисленное потомство с крепкими мозгами. Кости, клюв и прочие механизмы появились позже, доведя дятла до совершенства. Между прочим, и среди людей есть такие, у которых тау-белки в мозгах имеются, а сотрясения не было, но, видимо, эта особенность не очень пригодилась и не породила популяцию особо твердолобых.

Если же вернуться к прикладному дятловедению — успехи есть. Принципы устройства головы дятла взяли на вооружение Сан-Хи Ёон и Санмин Парк из Калифорнийского университета в Беркли: они искали способ изготовления упаковки для микромеханических устройств («Bioinspiration and Biomimetics», 2011, 6, 016003; doi: 10.1088/1748-3182/6/1/016003). В этой упаковке между двумя слоями металла, которые соответствуют клюву и черепу, находится слой вязкоупругого материала — аналог косточки и ее мышц, а внутренность заполнена шариками диоксида кремния, в которые и помещены перевозимые детали. Защита оказалась превосходной: так, если детали в упаковке из твердой резины выдерживали перегрузку до 40 тысяч g, а при 60 тысячах четверть из них ломалась, то в инновационной упаковке, получившей название BIRD-2, и при такой перегрузке повреждений почти не было — 99,3% деталей остались невредимы.

Кроме того, дятел вдохновил инженеров на создание по крайней мере двух типов новой защиты для человеческого мозга. Одна из них — картонный велосипедный шлем. Да-да, картонный: в 2012 году Анирудха Сурабхи, студент лондонского Королевского колледжа искусств, пострадал от падения с велосипеда и подумал, а что, если защитить голову так, как это делает дятел, — толстой костью с регулируемой пористостью? И вырезал из гофрокартона, который идет на изготовление ящиков, полоски, по форме соответствующие шлему, а затем собрал из них дополнительную защиту. Картонные полоски оказались прекрасными ребрами жесткости — шлем стал очень прочным, человек на нем мог стоять. В то же время сочетание маленьких пор внутри картонки с большими промежутками между полосками обеспечивало прекрасное рассеивание ударной волны. Сейчас такие шлемы выпускаются серийно и выглядят более профессионально.

Другая разработка гораздо хитрее и исходит из того принципа, что череп и так отлично защищает мозг; не надо его улучшать, но следует идти принципиально другим путем. Од-



Фото «Bauer»

Нашейники
«NeuroShield»
могут защитить
от сотрясения мозга



МЕМУАРЫ ИГНОБЕЛЯ

нажды доктор Дэвид Смит из Госпиталя Рейда в Индиане пришел к выводу, что дятел не сотрясает мозг все-таки потому, что у него слишком тонкий слой жидкости, разделяющей мозг и череп. А у человека слой большой, поэтому человеческий мозг при ударе сильно смещается, набирает скорость относительно черепа и может удариться о кость из-за инерции, и никакой шлем этому не помешает. Видимо, именно таков был механизм трагического случая с гениальным автогонщиком Михаэлем Шумахером, который повредил мозг не во время инцидента на трассе, а ударившись головой о камень при несложном горнолыжном спуске. И ведь шлем на голове был! Вот бы такую защиту, как у дятла, чтобы мозг не мог сильно смещаться... Коллега-анестезиолог и посоветовал Смицу: надо пережать кровоток в шее. Концентрация кислорода в мозгу упадет, организм станет закачивать туда больше крови, объем мозга увеличится, и он утратит возможность сильно смещаться. Более того, друзья придумали новую дятловую гипотезу: он якобы, пережимая сосуды мышцами шеи, сам регулирует наполнение мозга кровью перед тем, как приступить к выдалбливанию дупла. И так же, по их мнению, делает баран, когда с разгону врывается во что-то с торможением в 500 g: у него-то никаких хитрых дятловых приспособлений нет, разве что рога-амортизаторы.

Для проверки гипотезы поставили опыт на крысах — получилось: у животных с пережатой шеей сотрясение мозга при ударе по голове развивалось в меньшей степени. Пора было переходить к опытам с участием людей. Но кто согласится на такое? Вдруг пережмут шею слишком сильно... Оставалось поискать там, где кислородное голодание мозга происходит не по воле экспериментатора, а по другим причинам. Например, в высокогорье — там кислорода мало. Помогла статистика, которая показала, что у футболистов и хоккеистов во время игры высоко в горах сотрясения мозга случаются реже.

Долго ли, коротко ли, но к 2016 году американская дизайнерская компания «Q3Innovations» создала надувной нашейник «Q-collar», который слегка затрудняет отток крови из головы. С этими нашейниками стали ставить опыты, например, при участии подростков из хоккейной спортшколы («Frontiers in Neurology», 6 июня 2016 года; doi: 10/3389/fneur.2016.00074). Половине подростков велели во время матчей надевать нашейники, а другую половину оставили для контроля. У всех детей три раза за время опытов снимали энцефалограммы мозга и делали томографию. У тех, кто нашейников не носил, заметили больше признаков пережитых сотрясений мозга, чем у тех, кто носил, и это была не одна серия опытов. В общем, спортивно-медицинскую общественность удалось убедить, и в 2017 году канадская компания «Bauer» начала серийный выпуск нашейников под маркой «NeuroShield» для детей и взрослых с розничной ценой 200 долларов. Вот так размышления над головной болью дятла привели-таки к появлению средства защиты мозга людей, хотя оно и выглядит необычно и совсем непохоже на привычный шлем.



Скворцы и фитотерапия



Чего не встретишь в птичьих гнездах! У скворцов, например, и не только у них, мы, скорее всего, обнаружим ароматные травы. Их собирают преимущественно самцы, но, видимо, не только для того, чтобы порадовать самку, хотя у скворцов хорошее обоняние. Ароматические травы каким-то образом влияют на потомство: птенцы получаются более крупными и здоровыми.

Орнитологи активно интересуются душистыми растениями в птичьих гнездах. Сотрудница Института орнитологии Общества Макса Планка Хельга Гвиннер и ее коллеги с конца 1990-х годов наблюдают за обыкновенными скворцами *Sturnus vulgaris*.

В гнездах скворцов можно найти растения 68 видов, и многие из них выделяют летучие вещества («Behaviour», 1997, 134, 337—351, doi: 10.1163/156853997X00575). Заготовка таких растений — часть брачного ритуала, она достигает пика за пять дней до кладки. Чем дольше продолжается ухаживание, тем больше растений добудет скворец: в некоторых гнездах скапливается до 350 г. Прилетая к скворечнику с листочком в клюве, самец задерживается у входа, звуками

привлекает внимание, раздувает перья и гордо демонстрирует принесенную пахучую травку. Когда исследователи убрали эти растения из гнезд, скворцы притаскивали их снова. Но как только яйца отложены, самцы перестают таскать букеты. Забота о потомстве — дело матери. Самец ей редко помогает, предпочитая вместо этого охмурять другую подругу. За сезон он может обустроить несколько дополнительных гнезд. В них, кстати, больше ароматной зелени, чем в первом гнезде, потому что они дольше пустуют.

Сходным образом ведут себя и синицы, лазоревки обыкновенные. Они насиживают яйца в окружении пахучих трав, и в гнездах с такими травами птенцы быстрее растут и оперяются («Animal Behaviour», 2009, 77, 569—574, doi: 10.1016/j.anbehav.2008.11.008).

Как могут ароматные растения в период насиживания повлиять на развитие и здоровье птенцов? Хельга Гвиннер и ее коллеги предположили, что душистые травы помогают поддерживать в гнезде оптимальную температуру. Яйцам для развития нужен определенный термальный режим. Если температура в пределах нормы,

но близка к ее нижнему пределу, инкубация замедляется, птенцы вылупляются мелкие и медленно растут. Этот феномен экспериментально доказан на лазоревках и каролинских утках.

Есть три причины, по которым пахучие травы могли бы улучшить условия в гнезде. Возможно, они утепляют гнездо или нагревают его, постепенно разлагаясь: недаром большеногие куры зарывают кладку в кучу листьев, которые преют, выделяя тепло. Не исключено также, что летучие вещества, выделяемые травами, изгоняют паразитов и создают птицам более комфортные условия, благодаря чему они больше времени проводят в гнезде и лучше греют яйца. И наконец, летучие вещества могут непосредственно влиять на инкубационное поведение родителей. Эти гипотезы ученые и проверили («Proceedings of the Royal Society of London B», 2018, 285: 20180376, doi: 10.1098/rspb.2018.0376 285: 20180376).

Наблюдения проводили в колонии скворцов у озера Аммерзе в Баварии. На опушке леса ученые развесили скворечники на расстоянии шести метров друг от друга и в трех метрах над землей. Скворцы там обустроились.

Когда самка завершала кладку — обычно пять-шесть яиц, — исследователи заменили все травы в некоторых скворечниках, сохранив только сплетенную из веточек чашу. В 18 контрольных гнезд положили 80 г обычной высушенной травы, в 18 экспериментальных — 40 г травы и 40 г свежих пахучих растений. Среди них были излюбленные скворцами виды: тысячелистник обыкновенный, борщевик обыкновенный, купырь лесной, бузина черная, сныть обыкновенная и белая ива. В этой среде яйца и развивались, потому что, когда кладка завершена, самцы не приносят свежую зелень.

В каждой кладке одно из центральных яиц переместили на периферию, а на его место положили искусственное, с датчиком температуры внутри. Датчик передавал информацию каждые пять минут. Такой метод ученые практикуют уже 15 лет и уверяют, что птицы из-за него не бросают кладку. Во всяком случае, в данном эксперименте скворцы подмены не заметили.

Скворцы насиживают яйца 12—14 дней. Оказалось, что в первые дни инкубации, в светлое время суток, средняя температура яиц в «душистых» гнездах почти на градус выше, чем в контрольных. Ночная температура от типа гнезда не зависела. Эффект был заметен до шестого дня, потом травы увядают. Такой температурный режим принес плоды: птенцы из хорошо прогретых яиц вылуплялись раньше, а спустя неделю были на 8 г (16% от веса тела) тяжелее, чем птенцы из контрольных гнезд. Через год большая их часть вернулась в родные места. Так что ароматные травы действительно делают гнездо теплее, а птенцов здоровее.

Предположение о том, что тысячелистник и сныть обладают исключительными теплоизоляционными свойствами, не подтвердилось. Поскольку на яйцах у скворцов сидят почти исключительно самки, они время от

времени покидают гнездо, а около полудня имеют обыкновение отлучаться надолго. Обычно они отсутствуют от 10 до 70 минут, в среднем полчаса, и продолжительность отлучки не зависит от типа гнезда. Во время этой полуденной прогулки «душистые» гнезда сохраняют тепло не лучше контрольных, так что ароматные растения согревают кладку не лучше обычной травы.

В «душистых» гнездах теплее потому, что птицы из них отлучаются реже и на более короткое время (см. рис). Непонятно, почему разница в температуре заметна только днем: ночью все самки в гнездах. Исследователи назвали такое поведение устойчивой инкубацией. Птицы стараются не студить яйца, однако находиться в гнезде безотлучно две недели они не могут. Когда скворец улетает, гнездо и яйца постепенно остывают. Краткое охлаждение замедляет эмбриональное развитие, а продолжительное вредно. По некоторым данным, температура ниже 27°C для яиц губительна. Скворцы такого несчастья не допустили, однако на третий день инкубации яйца в контрольных гнездах пролежали при температуре ниже 32°C суммарно около трех часов, а в «душистых» гнездах только 1,75 часа.

Спокойно сидеть на яйцах мешают паразиты, которые кусают птиц. Если летучие вещества влияют на численность паразитов в гнезде, их эффект должен быть особенно заметен по ночам, но продолжительность ночного сна во всех скворечниках одинакова. Птицы, лишенные ароматных трав, дополнительного беспокойства явно не испытывают. Тем более что основной гнездовой паразит скворцов — кровососущий куриный клещ *Dermanyssus gallinae* — к действию летучих веществ нечувствителен. В ранних исследованиях Хельга Гвиннер уже убеждалась, что душистые травы не изгоняют из гнезда клещей, вшей и блох. Однако они могли бы задерживать рост бактерий и способствовать благополучию родителей.

Есть теория, согласно которой усер-



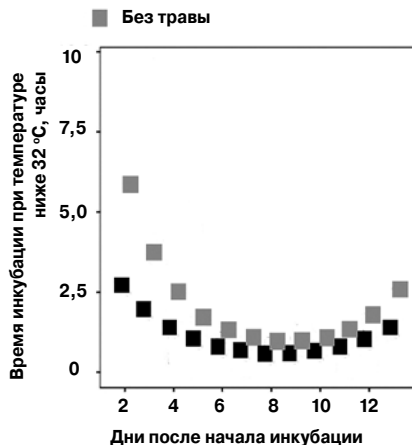
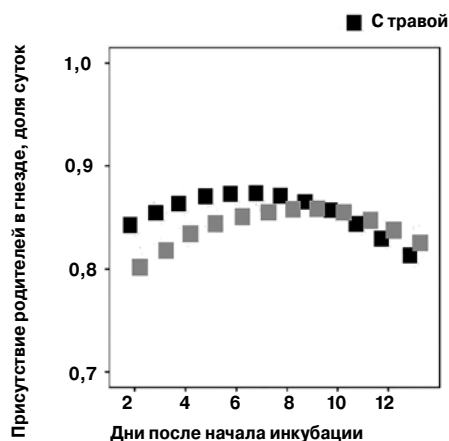
ДНЕВНИК НАБЛЮДЕНИЙ

дие, с которым самка заботится о потомстве, зависит от качества самца-производителя. Возможно, поднесение душистых трав в период ухаживания и служит показателем качества, поэтому самка сидит на яйцах как приклеенная. Но скворец производит впечатление на свою подругу до того, как она отложит яйца, а самки в эксперименте реагировали на травы, принесенные (или унесенные) орнитологами уже после завершения кладки и не имеющие отношения к усилиям самца.

Исследователи склоняются к мысли, что летучие вещества душистых растений влияют на физиологию самок. Эффект трав максимален в начале срока инкубации, затем он слабеет, что естественно, поскольку зелень вянет и выделение летучих компонентов уменьшается. Возможно, эти вещества обладают седативным эффектом и успокаивают взрослых птиц, удерживая их на яйцах. Ранее исследователи обнаружили в воздухе скворечников лимонен, сабинен и кариофиллен, которые также выделяются из трав, используемых в традиционной медицине как успокаивающие средства. Одно из таких растений — любимый скворцами тысячелистник.

Каков бы ни был механизм действия трав, результат выгоден и родителям, и птенцам. Родительские отлучки редки и коротки, яйца меньше остывают, поэтому птицам не приходится тратить дополнительную энергию, чтобы нагреть их до нужной температуры. Благодаря сэкономленным силам у скворцов достаточно бодрости, чтобы начинать свой день примерно на 25 минут раньше, чем птицам из контрольных гнезд. Известно, что бывает с тем, кто рано встает. Так что сбереженная с помощью трав энергия помогает скворцам успешнее добывать пищу. Сытые птицы спокойнее сидят на яйцах и в итоге облегчают себе жизнь, сокращая время насиживания. У спокойной матери здоровое дитя!

Н. Анина



В гнездах с пахучими травами птицы проводят больше времени, поэтому их яйца меньше остывают

Соль, фруктоза и лишний вес

Кандидат
биологических наук
Н.Л. Резник

Чтобы сохранить фигуру и здоровье, диетологи рекомендуют избегать жирных, крахмалистых и сладких продуктов, белки же употреблять крайне умеренно. А то немногое, что разрешено есть, лучше не солить, потому что соль, хотя и не содержит калорий, способствует ожирению.

Ожирение без калорий

Современный человек без соли не ест, ее добавляют во всякое блюдо. Медики предупреждают, что избыток соли повышает риск гипертензии и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, и рекомендуют ограничивать ее потребление: 3,7—6 г/день. Но во многих странах суточное потребление NaCl превышает 10 г. Жители западных стран три четверти соли получают из тех продуктов, которые покупают в супермаркетах, в Японии и Китае очень любят соленный соевый соус, а на некоторых кухнях солонка занимает почетное место.

Эпидемиологические исследования последних двух десятилетий связывают любовь к соленой пище с частотой развития ожирения, инсулиновой резистентности, метаболического синдрома и неалкогольной жировой болезни печени. Диета с высоким содержанием соли вызывает гиперфагию, то есть переедание. И, напротив, когда людей, страдающих гипертонией, переводят на низкосолевую диету, они сбрасывают вес. Злоупотребление солью само по себе служит предвестником развития ожирения и сахарного диабета даже в том случае, когда количество поглощенных калорий и сладких напитков находится под контролем. В одном из экспериментов, проведенном в Джослиновском диабетическом центре (Бостон, США), здоровые люди, съедавшие около 11,5 г соли в день, снизили чувствительность к инсулину всего за пять дней, при этом у них увеличилось содержание жирных кислот в плазме крови. Исследователи связали устойчивость к инсулину с потреблением натрия, хотя механизм этой связи не расшифровали («American Journal



Фото Олли Ниеметало

of Physiology», 1993, 264, E730–E734, doi: 10.1152/ajpendo.1993.264.5.E730).

Объяснение этого феномена предложили специалисты Университета штата Колорадо в Денвере, США. По их мнению, соль стимулирует образование фруктозы в организме, а метаболизм фруктозы вызывает устойчивость к лептину, гиперфагию, отложение жиров в печени, лишний вес и связанные с ним метаболические бедствия («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2018, doi: 10.1073/pnas.1713837115).

Фруктоза внутри нас

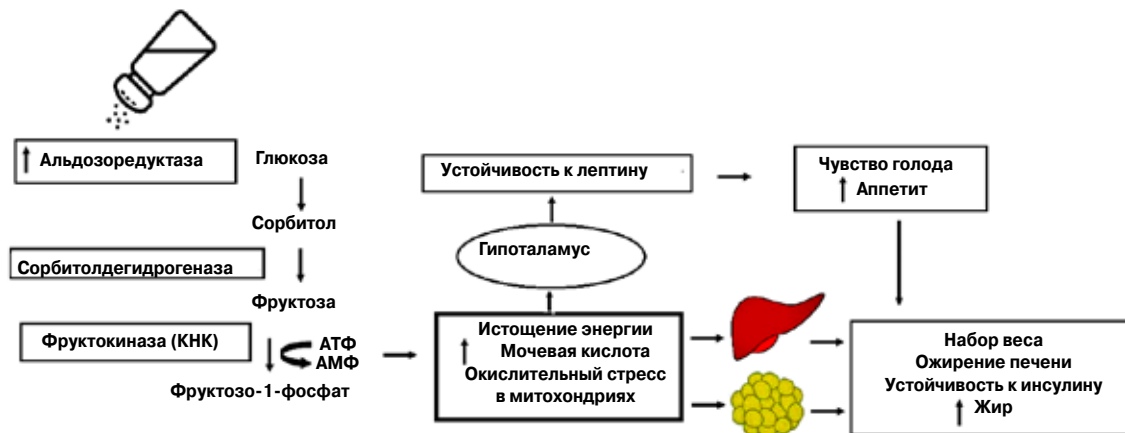
Фруктоза — компонент столового сахара, в чистом виде содержится во многих фруктах. Она вызывает невосприимчивость к лептину и переедание, с ростом потребления фруктозы увеличивается число больных метаболическим синдромом, сахарным диабетом второго типа и сердечно-сосудистыми заболеваниями (см. «Химию и жизнь», 2016, 3).

Метаболизм фруктозы в организме не зависит от концентрации конечных продуктов. Сколько фруктозы человек съел, столько и переработает. В результате образуются триглицериды и побочный продукт — мочевая кислота. Избыток жиров откладывается в печени и жировой ткани, окружающей внутренние органы. А мочевая кислота влияет на метаболизм липидов, артериальное давление и чувствительность к инсулину.

Но фруктозу мы получаем не только с пищей, она синтезируется из глюкозы в организме млекопитающих. Сначала фермент альдозоредуктаза (АР) превращает глюкозу в сорбитол, а затем сорбитолдегидрогеназа окисляет его до D-фруктозы.

Специалисты университета Колорадо в Денвере не первый год занимаются исследованиями эндогенной фруктозы. Мигель Ланаспа и его коллеги в течение 14 недель давали мышам вместо питьевой воды 10%-ный раствор глюкозы. Мыши любят сладкую воду и охотно ее пьют. Как и следовало ожидать, грызуны набрали вес, у них развилось ожирение и вырос уровень инсулина («Nature Communications», 2013, 4: 2434, doi: 10.1038/ncomms3434). В то же время высокое содержание глюкозы в плазме активирует АР, и в печени начинается синтез фруктозы. Мутантные мыши с неактивной АР не могут синтезировать фруктозу, и глюкоза им не страшна: они не переедают, вес не набирают и жир в печени не накапливают. Исследователи заключили, что избыток глюкозы приводит к развитию метаболического синдрома именно благодаря эндогенному синтезу фруктозы и ее метаболизму в печени. Однако образование эндогенной фруктозы может вызывать и высокосолевая диета.

Работу гена альдозоредуктазы стимулирует транскрипционный фактор TonEBP. Небольшое количество этого белка всегда присутствует в жировых



ЗДОРОВЬЕ

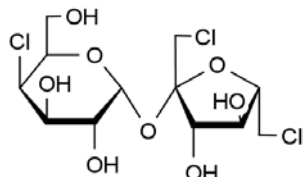
1
Солевое ожирение. Соль, потребляемая регулярно и в больших количествах, повышает осмотическое давление в плазме крови, активирует АР и приводит к синтезу фруктозы в печени и жировой ткани. Метаболизм фруктозы при участии КНК истощает запасы АТФ в клетке и приводит к образованию жирных кислот, которые накапливаются в печени. Организм теряет чувствительность к лептину, больше ест, накапливает жиры и набирает вес

клетках, окружающих внутренние органы. Когда мышь (или человек) съедает слишком много глюкозы, осмотическое давление плазмы увеличивается, что вызывает дополнительный синтез ТонЕВР, альдозоредуктаза также работает активнее и обеспечивает синтез эндогенной фруктозы.

Осмотическое давление плазмы зависит от концентрации осмотически активных веществ: ионов натрия и хлора, глюкозы и мочевины. Эта концентрация называется осмоляльностью плазмы и от содержания соли зависит в большей степени, чем от прочих компонентов. Поэтому систематическое потребление значительного количества соли должно повышать осмоляльность и вызывать синтез и накопление фруктозы и жирных кислот по тому же биохимическому пути, что и глюкоза (рис. 1). Осталось проверить, соответствует ли это предположение действительности.

Просолить мышь

В подобных экспериментах мышь — первый помощник исследователя. Прежде всего ученые проверили, может ли небольшое увеличение осмоляльности плазмы вызвать ожирение. Для этого



2
Сукралоза (трихлоргалактосахароза), она же пищевая добавка Е955, в 600 раз слаще сахарозы. В раствор ее добавляли всего 0,04%

мышам через зонд вводили в желудок 1%-ный раствор NaCl. Такая манипуляция повышает осмотическое давление плазмы процентов на десять, и не во всей кровеносной системе, а только в портальной вене, собирающей кровь от желудка, селезенки, поджелудочной железы и большей части кишечника и направляющей ее в печень для очистки. Повышение это длится не более 50 минут, а пика достигает спустя 15—20 минут после введения соли. Концентрация хлорида натрия в растворе примерно соответствует его содержанию в пересоленном супе. Это значит, что тарелка такого супа не повредит здоровью.

Ситуация меняется, если питаться солененьким регулярно. Взрослым, восьминедельным мышам в течение 30 недель вместо питьевой воды давали 1%-ный раствор NaCl. Чтобы животные согласились пить соленое, жидкость подсластили. Когда у мыши есть выбор между простой водой и сладкой, она непременно выберет сладкую («Химия и жизнь», 2015, 9). Подсластителем служила сукралоза (рис. 2). Вместо трех гидроксильных групп этот сахар содержит три атома хлора, поэтому организм не способен его ассимилировать и калорий от сукралозы не получает. Мыши

контрольной группы все это время пили воду без соли, но с сукралозой.

Грызуны обеих групп поглощали примерно равное количество жидкости. На десятой неделе кровь экспериментальных мышей стала, хотя и не намного, но достоверно солонее, чем у контрольных, в печени увеличились концентрации ТонЕВР и белка АР, а содержание сорбитола и фруктозы выросло примерно в три раза. С 13-й недели мыши на солевой диете начали набирать вес, у них появились признаки метаболического синдрома: ожирение печени, повышенное давление и устойчивость к инсулину. К концу 30-й недели экспериментальные грызуны весили вдвое больше контрольных.

Действительно ли фруктоза сыграла решающую роль в мышинном ожирении? Чтобы это проверить, Мигель Ланаспа с соавторами использовал мутантных мышей, лишенных фермента фруктокиназы, она же кетогексокиназа. Традиционно фермент обозначают латинскими буквами КНК. Чтобы фруктоза вступила в биохимическую реакцию, на нее надо навесить фосфатную группу, что КНК и делает. В организме мышей, лишенных этого фермента, фруктоза синтезируется, но не метаболизируется, так как

	Повышенная осмоляльность крови	Синтез эндогенной фруктозы	Жирные кислоты в печени	Устойчивость к лептину	Гиперфагия	Устойчивость к инсулину	Ожирение
	+	+	+	+	+	+	+
	—	—	—	—	—	—	—
	+	+	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—



Обычная мышь



Мутант, лишенный гена КНК

Мыши, у которых нарушен метаболизм фруктозы, от соли не толстеют



не может превратиться во фруктозо-1-фосфат (см. рис. 1).

Как и следовало ожидать, через 30 недель соленой жизни уровень фруктозы в плазме крови и моче у мутантов был существенно выше, чем у обычных животных, поскольку фруктоза не участвовала в дальнейшем метаболизме. В конце эксперимента мутанты практически не набрали вес и не обнаружили признаков метаболического синдрома (рис. 3).

Итак, систематическое потребление соленой пищи вызывает синтез эндогенной фруктозы, а ее метаболизм приводит к ожирению. Кстати, в одном из экспериментов исследователи подсластили соленую воду не сукралозой, а 15%-ным раствором фруктозы, и метаболический синдром развивался гораздо быстрее.

Сколько же они едят!

Во время эксперимента животные могли есть вволю, и оказалось, что обычные мыши на солевой диете поглощают на 40—50% больше пищи, чем контрольные животные и мутанты, у которых потребление соли не влияло на аппетит (рис. 3). Очевидно, ожирение у мышей развивается из-за гиперфагии, проще говоря, из-за обжорства. Один из гормонов, регулирующих аппетит, — лептин. Этот пептид синтезируется в клетках жировой ткани, и у просоленных мышей дикого типа уровень мРНК лептина в адипоцитах очень высок, а содержание гормона в крови в несколько раз выше, чем у животных других групп. При такой концентрации лептина мыши не должны ощущать голода, однако они лопают за двоих. Очевидно, они утратили чувствительность к лептину.

Чтобы это проверить, мышам делали инъекции лептина: одну на 12-й неделе после начала солевой диеты, когда метаболический синдром еще не развивался, а другую на 25-й. У контрольных животных и просоленных мутантов лептиновые инъекции существенно снижали аппетит в течение семи часов после укола. Мыши экспериментальной группы на гормон не реагировали и продолжали есть. Лептин действует на гипоталамус. Его клетки содержат

белок STAT3, и по уровню фосфорилирования этого белка можно определить чувствительность гипоталамуса к лептину. Солевая диета и метаболизм эндогенной фруктозы эту чувствительность снижают. Исследователи подчеркивают, что невосприимчивость к лептину развивается раньше других признаков метаболического синдрома.

Американские ученые доказали, что совсем небольшая «пересоленность» крови может вызвать у мышей ожирение. Однако люди свой избыток соли получают не с питьем, а с едой. Чтобы приблизить условия эксперимента к человеческим, исследователи добавили соль в корм.

Обычных мышей и КНК-мутантов посадили на жирную и сладкую диету. Она содержала либо 0,25% соли, что соответствует верхней рекомендуемой границе потребления — 6,8 г при 2500 г пищи в сутки, либо 0,1% (аналог 3 г соли в сутки). Пить животные могли сколько угодно. От жира и сахара все мыши пополнили, но у животных, получавших больше соли, концентрация лептина была выше, аппетит больше и привес максимальный. Ожирение у них сопровождалось синтезом эндогенной фруктозы. У мутантов количество соли не повлияло на аппетит и набор веса.

Предвестник метаболического синдрома

Выводы, полученные на мышах, исследователям удалось подтвердить на людях. В их распоряжении были данные о 13 тысячах здоровых взрослых, проходивших плановый медицинский осмотр в 2004 и 2009 годах. Анализ показал, что факторами риска развития сахарного диабета служат возраст, высокий индекс массы тела, курение, повышенное содержание липидов в плазме крови и любовь к соленой пище. Оказалось также, что потребление калорий и соли коррелирует. Причем у людей, которые едят много и солят густо, диабет развивается значительно чаще, чем у тех, кто употребляет мало соли, хотя и не ограничивает себя в пище. Так, при рационе более 2150 ккал в сутки потребление более 1 г соли в день увеличивает риск развития диабета в полтора раза по сравнению с теми, кто солит меньше.

Кроме того, у людей, поглощающих более 11 г соли в день, частота развития неалкогольной жировой болезни печени выше, чем у тех, кто съедает меньше этого количества: 22,3 и 15,5% соответственно.

Мигель Ланаспа с коллегами полагает, что пристрастие к соленой пище доведет до ожирения, диабета и за-

болевания печени. Важную роль в этом процессе играет активность фруктокиназы, что ученые доказали, используя генетически модифицированных мышей. Исследователи подчеркивают, что мутация не повлияла на активность животных и их развитие. Она лишь защищает мышей от ожирения, вызванного метаболизмом фруктозы, а от последствий жирной диеты не спасет. Так что мутантные мыши оказались вполне адекватной моделью, не отягощенной дополнительными проблемами.

Критики могли бы возразить, что в соленую воду для мышей добавляли сукралозу, а искусственные подсластители, по некоторым данным, могут вызывать инсулиновую резистентность и способствовать набору веса, влияя на микробиом кишечника. Однако ученые специально исследовали влияние сукралозы на метаболический синдром и никаких его признаков не обнаружили.

Данные специалистов из Колорадо расходятся с результатами исследователей Университета штата Вайоминг. Работая с мышами и крысами, они пришли к выводу, что высокосолевые диеты блокируют ожирение, вызванное жирной пищей («International Journal of Obesity», 2017, doi: 10.1038/ijo.2017.154). Возможно, соль уменьшает поглощение жира, хотя верооятен и другой механизм. У такого расхождения есть две основные причины. Прежде всего, диета мышей из Вайоминга экстремальна: она невероятно жирна и на 8,3% состоит из соли, а Ланаспа предлагал животным рацион, более похожий на человеческий, и соли в нем был лишь 1%. Кроме того, эксперимент в Вайоминге продолжался всего 24 дня, а «ожиряющий» эффект соленой пищи проявляется со временем — должно пройти около четырех месяцев.

Что касается клинических исследований, ученые признают, что их данные ограничены выборкой здоровых в общем-то людей, обратившихся в один медицинский центр. Эти результаты не позволяют распространять сделанные выводы на другие популяции, но ученые надеются, что удастся собрать данные о людях из разных стран с различным потреблением соли.

Ожирение и диабет могут вызвать не только жиры и углеводы, но даже некалорийные вещества. Хлеб и соль, которыми традиционно встречают дорогих гостей, — вредные продукты. Однако никто и не требует от гостя, чтобы он опустошил солонку, так что не отказывайтесь.





Художник Е. Станикова

Невостребованный ресурс

Алексей Лисаченко

Павлуша, наш дворник, был городской сумасшедший. Он верил в пришельцев. Вера Павлуши была безобидна. Даже полезна: дети его обожали. Никто не умел так увлечь, вдохновить на игру.

— Вон машина стоит, — тыкал Павлуша в старую «Ниву» у третьего подъезда. — Думаете, обыкновенная?

Пацаны замирали в предвкушении.

— Вот и нет! — потрясал рассказчик метлой. — Как враги нападут, она внутрь себя вывернется и станет космическим истребителем. Ее на заводе так сделали. Там пришельцы всем заправляют.

Пришельцы Павлушины были личности положительные. Не пугали народ летающими тарелками. Не похищали блондинок для опытов. Не гадили на придомовой территории. Жили тихо и делали свое дело. Готовили Галактику к обороне.

— Прилетят из туманности Андромеды чуждые организмы, — пояснял Павлуша желающим, — захотят нас пожрать — а вот шиш им! Давно все готово. Вот трамваи — они ведь не просто трамваи...

По Павлушиным улицам ездили замаскированные боевые звездолеты. Лифты в шахтах смотрели в зенит, как ракеты. Водосточные трубы ловили сигналы из гиперпространства.



НАНОФАНТАСТИКА

В компьютерных играх тренировались пилоты. Враг будет разбит!

— Только вот фонари не использованы, — сокрушался Павлуша. — Поставь в них незаметно защитное поле — и весь город можно закрыть. Каждую улицу! Неужели не догадались? Такой ведь ресурс!

— Так ты им намеки, — предложил я, выслушав про фонари в сотый раз. — Письмо напиши. Дорогие пришельцы, спасибо вам за заботу. Обратите, пожалуйста, внимание на фонари. Дата, подпись.

— А адрес? — растерялся Павлуша. — Куда им писать-то, пришельцам?

Я хихикнул:

— Ясное дело — на автозавод. Сам знаешь: они там давно уже всем заправляют.

Дворник взглянул уважительно.

— Ладно. Урны почищу — и схожу, правда, к киоску. Не в курсе, почем конверты?

Я не знал.

Через месяц Павлуша уволился: предложили другую работу.

Нынче с ним запросто не поболтаешь. Директор «Горсвета» Павел Олегович — фигура солидная. Запись по личным вопросам — через приемную.

Изучать, не разрушая

105 лет физико-химическому анализу

Посвящается выдающемуся ученому Леониду Антоновичу Серафимову (1929—2018)

Кандидат химических наук

А.А. Семенов,
главный эксперт АО «ВНИИНМ»

Физики всё понимают, но ничего не знают. Химики всё знают, но ничего не понимают. А физико-химики ничего не знают и ничего не понимают.

Народная мудрость

Слияние химии с физикой

Исторически химия развивалась как наука препаративная, то есть при химическом исследовании объект переставал существовать или, по крайней мере, терял свою форму в результате измельчения, сжигания, растворения, осаждения и других операций. При этом для химиков оставались недоступными малоустойчивые соединения, например те, которые могут существовать только в растворе, а также субстанции с переменным химическим составом. И альтернативы для химиков долго не возникало: изучать можно только то, что держишь в руках.

Вместе с тем их современники-физики могли изучать свои объекты, не разрушая их и не нарушая хода происходящих в них процессов. Постепенно и химики пришли к убеждению, что нужно перенять опыт коллег. Им предстояло подружиться с физиками, научиться пользоваться их методами, что означало появление физической химии как таковой. Необходимо было также слияние химии еще с одной наукой — геометрией: сложные, многокомпонентные системы требовали графического отражения, иногда довольно простого.

Основателем физической химии, да и автором этого термина, считают академика М.В. Ломоносова, который настаивал на союзе химии с физикой и геометрией. Вот две цитаты: «Если бы химики не гнушались поучиться священным законам геометрии, то, несомненно, могли бы глубже проникнуть в тайники природы» (1741); «Легче распознать скрытую природу тел, если соединить физические истины с химическими» (1749). Однако это стало реальностью не ранее середины XIX века.

Рождение фаз

До наступления эпохи ФХА химики старались иметь дело только с индивидуальными химическими соединениями, которые отличались постоянством состава и свойства которых, вообще говоря, не зависели от способа получения. А такие важные объекты, как растворы, сплавы, стекла, шлаки и газовые смеси, постоянством состава не отличаются, поэтому химики долго их игнорировали. Изучение «химических индивидов» дало свои неоспоримые плоды: атомно-молекулярное учение Шарля Жерара и Станислао Канниццаро (1858), теорию строения органических соединений А.М. Бутлерова (1858—1864) и конечно же Периодический закон, сформулированный Д.И. Менделеевым в 1869 году.

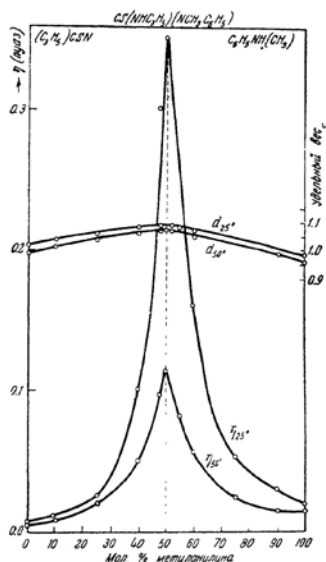
Важную роль в развитии всей химии сыграл в начале XIX века спор двух выдающихся французских химиков Жозефа Пруста и Клода Бертолле, продолжавшийся семь лет, — спор о том, возможно ли существование химических соединений с непостоянным составом. Пруст был против, он говорил, что «природа никогда не производит вещества иначе как по весу и мере». Бертолле же не без оснований считал, что состав химических соединений может зависеть от условий, в которых происходит взаимодействие веществ, их образующих. И если в то время большинство ученых приняло сторону Пруста, то в настоящее время открытия Бертолле нашли всемирное признание, а соединения с непостоянным химическим составом, изучаемые методами физико-химического анализа, в его честь называют «бертоллидами».

Фундаментом современной физико-химической науки стало учение об обратимом химическом равновесии, сформированное на основе трудов Джозайи Гиббса, Якоба Вант-Гоффа, Хенрика Розебома, Анри Ле Шателье и других ученых XIX века. Понятие фазы — «гомогенной части системы, отделенной от остальных частей видимыми поверхностями раздела», — предложенное Гиббсом, а также сформулированное им «правило фаз» стали

ключевыми во всей физической химии. Однако датой рождения физико-химического анализа принято считать 1913 год, когда была опубликована работа Н.С. Курнакова и С.Ф. Жемчужного «Давление истечения и твердость пластических тел». Именно в ней впервые появился термин «физико-химический анализ», который вскоре стал общепринятым.

Авторы этой работы показали, что любое физическое свойство системы зависит от ее состава, а для изучения фазового состояния и обнаружения новых химических соединений можно использовать плотность, твердость, электропроводность, вязкость и другие физические свойства. Н.С. Курнаков определил новое направление науки как «геометрический метод исследования химических превращений». Он же сформулировал и два главных принципа физико-химического анализа. Это принцип непрерывности: «При непрерывном изменении состава системы (или другого фактора равновесия) непрерывно меняются ее свойства», и принцип соответствия: «Каждому химическому индивиду или фазе переменного состава в системе соответствует определенный геометрический образ на диаграмме». Диаграмма — это зависимость какого-то свойства системы от состава, температуры и давления.

Впрочем, в использовании диаграмм для описания фазовых превращений у Курнакова были два великих предшественника — Д.И. Менделеев, построивший в 1865 году по данным о плотности растворов диаграмму «спирт — вода», где явно видны три химических соединения, и Д.К. Чернов, в 1868 году — 150 лет тому назад! — определивший температуры фазовых переходов в системе «железо — углерод» (их до сих пор называют точками Чернова). Имя Курнакова тоже осталось в истории физической химии: точкой Курнакова названа температура перехода сплава в упорядоченное состояние. Кстати, есть еще точка Кюри (температура магнитного упорядочения) и точка Нееля (антиферромагнитного).



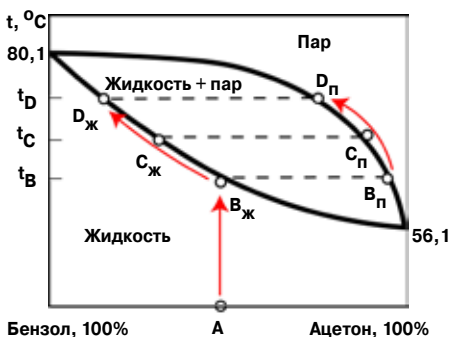
1
Изотермы плотности (d) и вязкости (η) в системе «метиланилин — аллиловое горчичное масло». Авторы: Н.С. Курнаков (слева) и С.Ф. Жемчужный, 1913 год

Вглядимся в диаграммы

На одном из графиков публикации Курнакова и Жемчужного хорошо видно (рис. 1), как химическое взаимодействие между компонентами смеси проявляется в пикообразном возрастании вязкости при их мольном соотношении 1:1. Плотность смеси для этого состава также имеет максимум, но не настолько ярко выраженный.

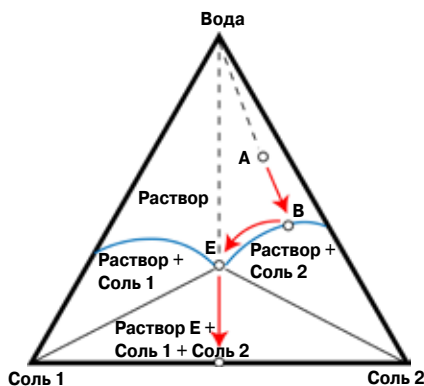
Проведя измерения для разных составов и температур, можно получить набор точек, после соединения которых получается диаграмма фазовых превращений.

Ее размерность соответствует числу компонентов. В простейшем и самом частом случае их два (рис. 2). Работать с такой плоской диаграммой легко, надо только понимать, что линии — это



2
Диаграмма кипения смеси «бензол — ацетон» — пример наиболее простого кипения смеси двух компонентов. При нагреве до температуры t_B (точка «В») смесь ацетона и бензола состава А начинает кипеть, образуя пар состава $B_{пар}$, обогащенный легколетучим компонентом — ацетоном. При удалении дистиллята смесь обогащается бензолом, из-за чего температура ее кипения повышается до t_D . По линиям $B_{ж} - C - D_{ж}$ и « $B_{пар} - C - D_{пар}$ » на диаграмме кипения можно оценить равновесные составы жидкости и пара в каждый момент процесса дистилляции и управлять его ходом

места превращения одной фазы в другую, а в каждой точке максимальное число степеней свободы (число параметров, значения которых способны изменяться) может быть больше числа компонентов только на два — это и есть правило фаз Гиббса. Когда давление в двухкомпонентной системе зафиксировано — одна степень свободы истрачена. Если в равновесии находятся три фазы — из жидкости выпадают кристаллы обоих компонентов, тогда все степени свободы истрачены: пока процесс не закончится, температура не может меняться. Так на диаграмме появляются горизонтальные линии: места трехфазных равновесий. Геометрическое изображение смеси двух компонентов — дело несложное, для этого достаточно отрезка, концы которого соответствуют чистым компонентам, а промежуточные точки их смесям. Если



3
Типичная диаграмма кристаллизации трехкомпонентной системы «соль 1 — соль 2 — вода». Изменение концентрации компонентов при упаривании раствора солей показано стрелками. От точки В до точки Е в твердую фазу выпадают кристаллы «соли 2», а после точки Е, называемой эвтоникой, выпадает уже смесь солей в постоянном соотношении друг с другом, находясь в равновесии с эвтоническим раствором состава Е. Анализ диаграммы позволяет определить условия выделения компонентов в чистом виде

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

на отрезке состава поставить точку, соответствующую химическому составу смеси, то отрезок будет разбит на два плеча; соотношение их длин даст соотношение количества компонентов в смеси состава, соответствующей этой точке. По аналогии со взвешиванием грузов на разноплечих весах этот прием носит красивое название «правило рычага».

Многокомпонентные смеси требуют более сложного графического представления. Например, трехкомпонентным нужен треугольник, вершины которого будут соответствовать чистым компонентам, ребра — трем бинарным смесям, а центр — смеси, где всех трех компонентов поровну (рис. 3).

Этот треугольник составов носит имя физикохимиков Гиббса и Розебома. Для описания смеси из четырех компонентов необходима трехмерная фигура — тетраэдр состава. А геометрический образ пятикомпонентной системы требует фигуры с пятью равноудаленными вершинами; в наше трехмерное пространство она уже не вписывается — такая фигура четырехмерна. Как видим, сложность геометрического представления смеси веществ в ФХА с каждым новым компонентом катастрофически возрастает.

Знаменитые кипения и расслоения

Метод ФХА работает и с металлическими, и с солевыми, и с органическими системами; каждый из этих типов имеет свои особенности, при их построении используют различные инструментальные методы. Тем удивительнее, когда мы видим общие закономерности и очень схожие геометрические объекты на диаграммах состояния легированной стали, минералов в горных породах, растворов и расплавов солей, сжиженных газов и сложных смесей продуктов органического синтеза. Давайте вспомним и рассмотрим некоторые диаграммы состояния, которые чем-то интересны и заслуживают внимания.

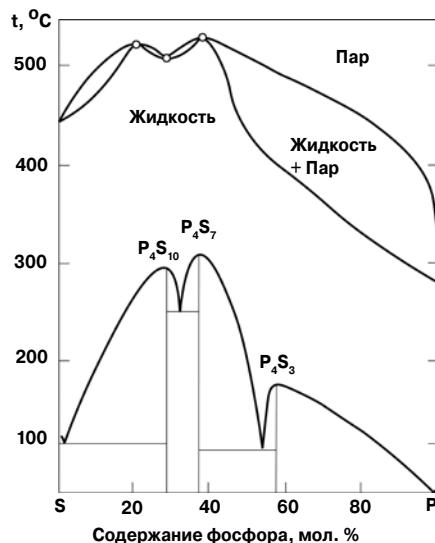
Наиболее важна для развития всей современной техники система «железо — углерод». Можно сказать, что с ее исследования началась история научного материаловедения. (Подробнее об этой важнейшей из систем рассказано в № 3 «Химии и жизни» за 2016 год.) Подобные диаграммы, а они построены для огромного числа сочетаний металлов друг с другом и со многими неметаллами, — азбука для материалововеда; глядя на них, разрабатывают новые сплавы и режимы их обработки. В них можно найти столько интересного, что нет смысла начинать разговор об этом — обо всем не расскажешь.

Посмотрим лучше на необычное кипение смесей веществ. Многие знают, что даже при многократной перегонке спиртосодержащих водных растворов не удастся получить этиловый спирт с концентрацией более 95,6% по массе. Из диаграммы ясно, почему так получается, — температура кипения этого состава (78,15°C) ниже, чем у каждого из компонентов, его составляющих, вот он и испаряется первым. Составы, соответствующие максимуму или (намного чаще) минимуму температуры кипения на фазовой диаграмме, называют азеотропными смесями. Такие смеси невозможно разделить на компоненты с помощью перегонки, поэтому их принимали даже за индивидуальные химические соединения, но это вступало в противоречие с тем, что состав азеотропных смесей зависит от давления.

До конца XIX века системы с азеотропами считались редкостью, немецкий физикохимик, нобелевский лауреат Вильгельм Оствальд называл их «исключительными растворами». Потом оказалось, что азеотропы не так уж и редки: их наблюдают почти в половине исследованных систем. А в 1966 году сообщили, что на диаграмме кипения смеси бензола и перфторбензола проявляя себя сразу два азеотропа: с максимумом и минимумом температур кипения. Вскоре были открыты и другие системы с двумя азеотропами, на сегодня их известно не менее двенадцати. Но есть совершенно удивительная, не имеющая аналогов диаграмма кипения, имеющая сразу три азеотропа! Их наблюдают при изучении смесей серы и фосфора (рис. 4).

Интересно, что два из трех азеотропов в этой системе близки по составу к известным соединениям фосфора и серы, которые при плавлении дают единую жидкую фазу. Видимо, присутствие этих соединений в расплаве и служит причиной такой уникальной аномалии.

Встречаются и необычные расслоения. Мы привыкли к тому, что жидкости, не смешивающиеся с водой



4

В системе «сера — фосфор» есть три азеотропные точки: две смеси имеют повышенную, а одна — пониженную температуру кипения

(например, бензин или подсолнечное масло), имеют довольно отличную от нее природу. Но оказалось, что на основе водорастворимых органических, в частности полимерных соединений можно получить растворы, состоящие наполовину и более из воды, которые тем не менее не смешиваются с водными растворами солей. К примеру, полиэтиленгликоль хорошо растворяется в воде, однако при добавлении в раствор сульфатов, фосфатов, роданидов он выделяется в виде отдельной фазы, которая с раствором соли не смешивается. А водные растворы антипирина и нафталин-2-сульфокислоты при смешении выделяют вторую фазу в виде небольшой капли, в которой за-

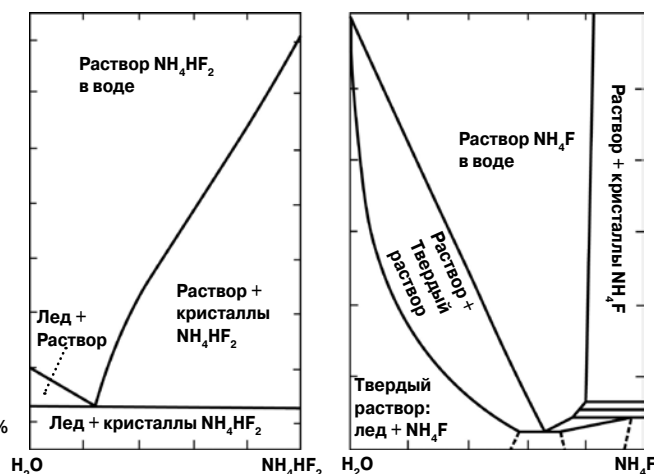
одно концентрируется и большинство тяжелых металлов, если они есть в таком растворе. Неудивительно, что это явление используют для разделения и концентрирования различных компонентов, причем без применения токсичных органических растворителей. Интересное разделение двух жидкостей на два слоя наблюдается в системе «никотин — вода» (рис. 5): они полностью смешиваются при очень низких или очень высоких температурах, а при средних температурах дают две несмешивающиеся жидких фазы.

Когда-то на занятиях по физической химии в МИТХТ им. М.В. Ломоносова лекторы для демонстрации расслоений приносили цилиндр, в котором большое количество несмешивающихся жидкостей находились в равновесии друг с другом. Многие с тех пор уже позабылось, но попробую представить подобный набор. Это могут быть гексан, водные растворы полиэтиленгликоля и сульфата аммония, фторорганика, силиконовое масло, нитробензол, сплав галлия с индием, ртуть. Возможно, еще одну фазу, не смешивающуюся со всеми названными жидкостями, сформирует нитрил янтарной кислоты (достоверно известно, что он не смешивается ни с гексаном, ни с водой, при этом он сильно отличается и от других названных выше жидкостей). Таким образом, можно получить восемь, а то и девять жидкостей, не смешивающихся друг с другом. Что-то подобное создают в своей практике и бармены, приготавливая коктейли из разноцветных слоев напитков, с той разницей, что все эти слои у них не представляют самостоятельных фаз и после перемешивания не всегда расслаиваются обратно.



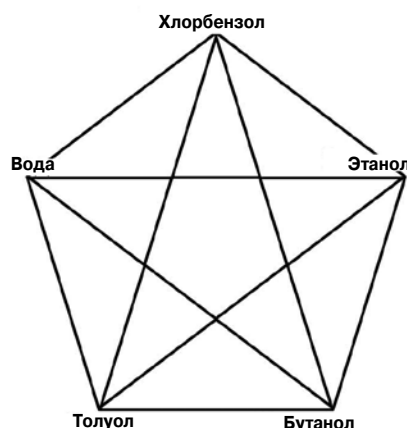
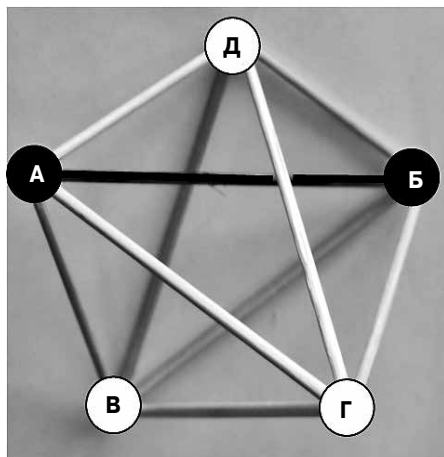
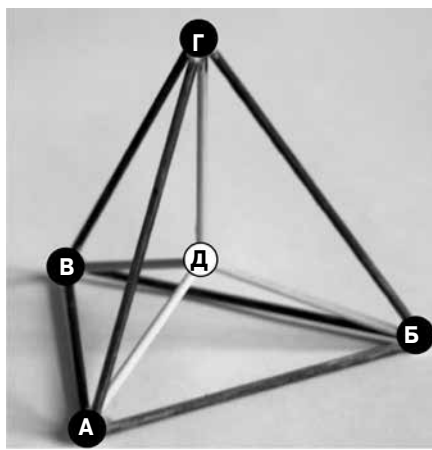
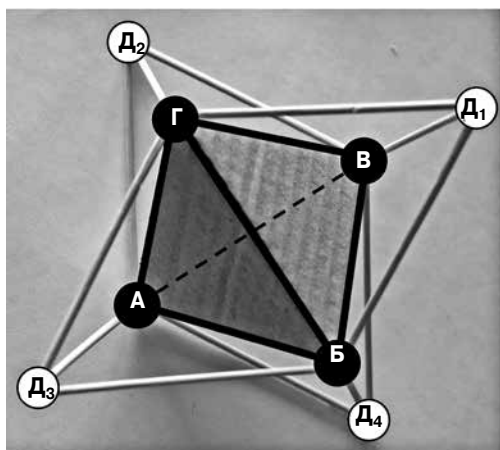
5

В системе «никотин — вода» область расслоения имеет и верхнюю, и нижнюю температуры расслаивания



6

Из бифторида аммония нельзя получить «солёный лёд», то есть твёрдый раствор соли в водяном льду, а из фторида аммония — можно



7
Развертка пентагона, две его проекции и пример использования для представления состава пятикомпонентной смеси. У развертки вершины Д1, Д2, Д3 и Д4 должны при сворачивании фигуры сформировать вершину Д. У проекций темным цветом выделены элементы, находящиеся в нашем пространстве, светлые элементы спроецированы из четырехмерного пространства на наше трехмерное

А проявляются ли какие-то физико-химические сюрпризы при кристаллизации? Да, есть и такие. Возьмем одну из самых распространенных на планете систем «лед — соль», например замерзшую морскую воду. Лед и кристаллы солей (включая кристаллогидраты) имеют настолько различную структуру, что кристаллизуются только в виде самостоятельных твердых фаз: соленый лед невозможен, морская вода замерзает как смесь кристаллов чистого льда и соли. Это удачно иллюстрирует диаграмма кристаллизации бифторида аммония, приведенная на рисунке 6 слева, она похожа на многие другие диаграммы кристаллизации. И только в одном исключительном случае кристаллическая соль и водяной лед могут образовывать твердые растворы. Это система «фторид аммония — вода». Обнаружившие это явление ученые не

поверили, что такое возможно, но при проверке другими исследователями факт подтвердился. Теперь «соленый лед» стал одним из курьезов физико-химического анализа.

Прекрасный флюид

Для того чтобы найти очередной сюрприз ФХА, необязательно рассматривать многокомпонентные системы. На диаграмме состояния даже единственного вещества можно выделить область, в которой оно приобретает удивительные, противоречивые свойства. Речь идет о сверхкритических флюидах, СКФ. Многим известно, что по мере нагревания смеси жидкости с собственным паром в замкнутом объеме свойства обеих фаз постепенно приближаются друг к другу до тех пор, пока не сравняются окончательно. Точка на диаграмме состояния, в которой это происходит, называется критической. Ей соответствуют критические значения температуры и давления, превышение которых приводит к образованию чего-то среднего: не жидкости и не газа. Это и есть сверхкритический флюид.

От газа СКФ отличается высокой плотностью и способностью растворять различные вещества. От жидкости — высокой подвижностью, низкой вязко-

стью, способностью быстро диффундировать внутри материалов, а также сильной зависимостью плотности от давления. Это делает СКФ замечательным растворителем. Например, обычный углекислый газ в состоянии СКФ (то есть при температуре выше 31,1°C и давлении выше 72,8 атм) по растворяющей способности похож на гексан, и его широко применяют для сверхкритической флюидной экстракции. Кофеин из зерен кофе с его помощью экстрагируется практически мгновенно, зерна даже не приходится дробить. Выделение экстрагированных компонентов не составляет труда, достаточно просто сбросить давление, перевести СКФ в состояние газа, который ничего растворять в себе не способен.

С помощью сверхкритического пропана ($t > 96,7^\circ\text{C}$, $P > 41,9$ атм) можно извлечь ценные компоненты из нефтепродуктов, а затем, ступенчато сбрасывая давление, уменьшать растворяющую способность СКФ и последовательно выделять из него отдельные фракции битумов, парафинов, смол и высококачественных масел. СКФ позволяет успешно окрашивать материалы и волокна, разделять полимеры по фракциям, определять следовые концентрации некоторых веществ, при этом не требуется применение дорогостоящих и токсичных растворителей. Удивительным набором ценных свойств обладает вода в сверхкритическом состоянии. Подробнее о применении СКФ в науке и технике рассказано в № 2 «Химии и жизни» за 2000 год.

Многомерная физикохимия

Специалисты по ФХА в своей научной практике частенько заглядывают в четырехмерное пространство и параллельные миры. Необходимость в этом возникает при анализе пятикомпонентных смесей, для графического представления которых требуется четырехмерный аналог тетраэдра, пентагона. Он состоит из пяти тетраэдров, соединенных своими вершинами, что невозможно представить в трехмерном пространстве. Конечно, исследователи,



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



занимающиеся физико-химическим анализом, стараются максимально упростить модели и не выходить за пределы плоскости листа бумаги. Для этого сложные многомерные диаграммы представляют в виде проекций и сечений. Автору статьи довелось провести самостоятельный геометрический анализ пентатопы, изготовить трехмерные модели его развертки, семи его проекций, исследовать их сечения (более подробно тема рассмотрена в журнале «Наука и жизнь», № 5 за 2018 год). На рисунке показана развертка пентатопы, наиболее простая из его проекций на наше трехмерное пространство, и приведен пример использования пентатопы для представления пятикомпонентной смеси органических растворителей, образующейся после локальной очистки сточных вод в производстве кремнийорганических эмалей, «этанол — бутанол — толуол — хлорбензол — вода».

Автор статьи учился, а потом многие годы работал на кафедре химии и

технологии редких и рассеянных элементов им. К.А. Большакова в МИТХТ им. М.В. Ломоносова (сейчас входит в состав Российского технологического университета). Эта кафедра традиционно активно пользуется приемами физико-химического анализа в своей научно-исследовательской практике, однако ее сотрудникам удается ограничиться треугольными диаграммами. А вот для кафедры химии и технологии основного органического синтеза того же университета тетраэдры и пентатопы — «рабочие лошади», без которых обойтись никак нельзя. Профессор Л.А. Серафимов, корифей кафедры ХТООС, и один из основателей целого раздела ФХА, который носит название «термодинамико-топологического анализа». Его цель — именно разделение сложных многокомпонентных смесей, в первую очередь для органического синтеза. Без построения диаграммы состава и определения по ним направлений, по которым изменяются составы смесей при их перегонке, тут не обойтись.

Геометрическое исследование топологии многокомпонентной системы часто позволяет избежать трудоемких расчетов и длительных экспериментов и дает возможность изящно составить оптимальный алгоритм разделения сложных смесей. Топологический анализ помогает также правильно составить алгоритм численных экспериментов, задать компьютеру программу вычислений, смоделировать формулами то, что не удастся постигнуть пространствен-

ным воображением. При этом химикам зачастую приходится погружаться не только в четырехмерный мир, но и в пространства большей размерности.

Замечание о преемственности

Наверняка у читателей возник вопрос: почему в ней такое внимание уделяется не очень-то круглой дате — 105-летию? Причина, как это ни банально, заключается в том, что все научное российское, а тем более зарубежное сообщество пять лет назад обошло вниманием столетний юбилей физико-химического анализа. И автору захотелось хоть с опозданием, но воздать должное основателям этого научного направления, напомнить о тех ученых, которым все мы многим обязаны. Тревожный звонок — современные российские ученые заняты поисками грантов и финансирования, им уже не до того, чтобы отслеживать важные даты в истории науки. Мы отрываемся от своих научных корней, и это очень печально. Терять преемственность не следует.

Автор выражает благодарит за поддержку и помощь в подготовке материала В.К. Орлову, В.И. Волку, А.В. Никитскому, А.А. Румянцеву, М.И. Белякову, А.В. Лизунову, А.М. Сафиулиной, С.А. Ухову и работникам научно-технической библиотеки АО «ВНИИНМ» Л.Н. Хорошевой и Е.В. Новиковой.

Автор статьи работает в АО «ВНИИНМ», в базовой организации ГК «Росатом» в области материаловедения ядерных и специальных неядерных материалов для атомной энергетики и ядерного оборонного комплекса. Это предприятие носит имя выдающегося ученого-материаловеда академика А.А. Бочвара, дважды Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии, который внес существенный вклад в развитие атомной науки и техники, а в частности, и физико-химического анализа. Он создал теорию эвтектической кристаллизации, заложил основы структурной теории жаропрочности сплавов, предложил прием для оценки температуры начала рекристаллизации металлов, который так и называется — «правило Бочвара». Он открыл и исследовал явление сверхпластичности сплавов. Под его научным руководством впервые в СССР получен металлический плутоний, разработаны плутониевые сплавы для изделий специального назначения и технология изготовления первого советского ядерного заряда. Вот, например, как выглядит сложнейшая диаграмма состояния «уран — плутоний», которую построили на этом предприятии в рамках «Атомного проекта» под руководством самого академика А.А. Бочвара.

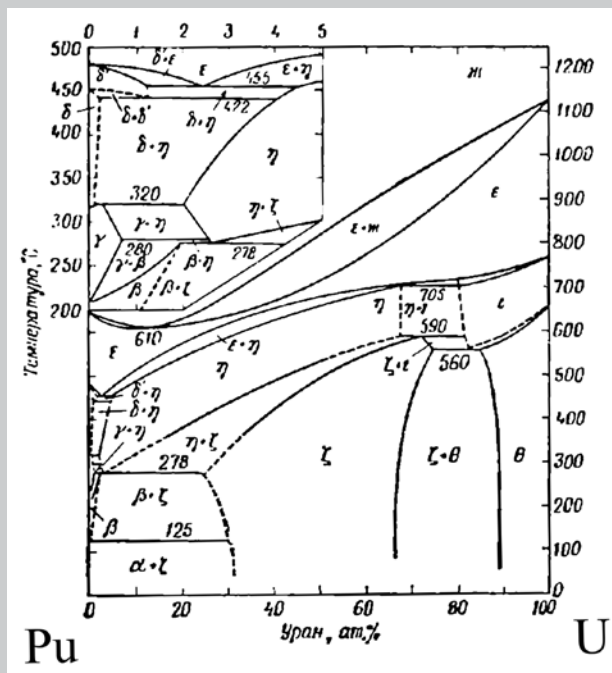
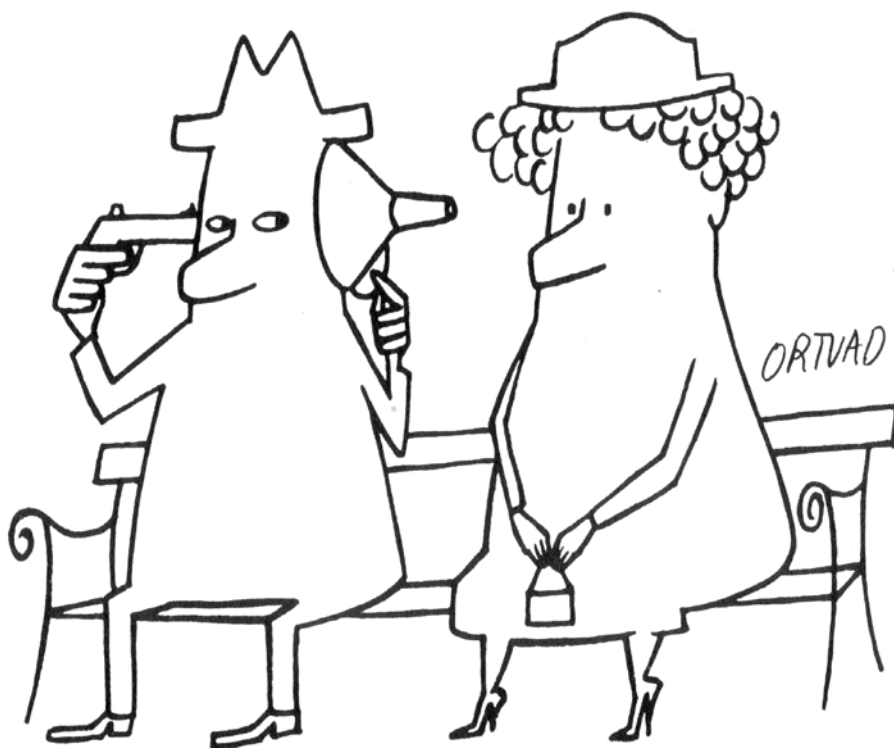


Диаграмма состояния системы «уран — плутоний»

Иллюзия точности

Кандидат
физико-математических наук

Е.Ю. Колесников



В августовском номере журнала «Химия и жизнь» за 2015 год была опубликована статья Г.В. Эрлиха «Воспроизводимая невоспроизводимость». Генрих Владимирович указал на одну из острых проблем современной науки — катастрофическое падение воспроизводимости опубликованных в научных статьях данных и методик — и проанализировал ее происхождение. Между тем эта проблема, увы, не единственная. Принятие тезиса, что цель любой науки — получение максимально полного и точного априорного знания, неминуемо ведет к критичным размышлениям над собственно точностью научных результатов.

Неопределенность и два ее аспекта

Не вдаваясь в тонкости различий повторяемости и воспроизводимости экспериментальных данных, можно считать, что точность последних характеризуется величиной их разброса. Иными словами, точность научных результатов тесно связана с понятием «неопределенность», которое не то чтобы ново для отечественного научного обихода, но, скажем, не очень популярно. Между тем для зарубежной науки это совсем не так — на английском языке опубликованы сотни монографий, отчетов, статей на тему неопределенности (uncertainty), ее анализа и количественной оценки. По тематике неопределенности защищены

десятки диссертаций, регулярно выходят специализированные научные журналы «International Journal for Uncertainty Quantification», «Journal of Uncertainty Analysis and Applications», «SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification». Растет и число публикаций на русском языке, но в целом пока наше отставание налицо.

В наиболее общем смысле наличие неопределенности означает недостаток знания о ситуации, в пределе — его полное отсутствие. По некоторым данным, впервые в научный оборот это понятие ввел американский экономист Аллан Уиллет в своей диссертации, датированной 1901 годом. И в наше время неопределенность широко используют экономисты применительно к хозяйствованию в условиях рыночных стихий.



ДИСКУССИИ

Неопределенность в трактовке экономистов оказывается понятием сугубо качественным: состояние знаний о предмете исследования, для которого характерны недостаточное понимание основных действующих факторов и закономерностей их проявления, недостаток и/или неоднозначность имеющейся информации об особенностях ситуации. Подобное состояние знаний не позволяет адекватно и с приемлемой точностью описать, смоделировать и в конечном счете предсказать поведение изучаемого объекта, развитие ситуации во времени и пространстве.

Однако у неопределенности есть и количественный аспект, впервые идентифицированный современной метрологией. Эта интересная история началась на исходе 70-х годов прошлого века, когда в науке возник кризис традиционной парадигмы, связанной с понятием погрешности измерений. Наше поколение еще помнит чеканное определение, согласно которому «погрешность измерения — это разница между результатом измерения и истинным значением величин». И все бы хорошо, да только с некоторых пор стало не вполне понятно, чему равно это «истинное» значение.

Ввиду отсутствия международного единства по вопросу выражения неопределенности измерений в 1978 году Международное бюро мер и весов (МБМВ) подготовило подробную анкету и разослало ее национальным метрологическим лабораториям 32 стран и пяти международным организациям. На основании ответов, полученных от 21 страны, специальная рабочая группа МБМВ подготовила рекомендацию INC-1, в которой сформулировала принципы Руководства по выражению измерительной неопределенности (GUM). Предложенный подход впоследствии поддержали семь наиболее авторитетных международных организаций:

— Международное бюро мер и весов (BIPM);

— Международная организация по стандартизации (ISO);

— Международная электротехническая комиссия (IEC);

- Международный союз по чистой и прикладной химии (IUPAC);
- Международный союз по чистой и прикладной физике (IUPAP);
- Международная организация законодательной метрологии (OIML);
- Международная федерация клинической химии (IFCC).

Согласно последнему, третьему изданию Международного словаря по метрологии (VIM, 2008), «неопределенность измерения — это неотрицательная величина, характеризующая рассеивание результатов измерения, которая может быть обоснованно приписана измеряемой величине на основании используемой информации».

Подчеркнем, что данное понятие измерительной неопределенности не упразднило прежнюю погрешность измерения — отечественный нормативный документ по метрологии РМГ 91-2009 назвал два особых вида измерительной задачи, в которых понятие «погрешность» по-прежнему может использоваться:

1) когда «истинное» значение измеряемой величины принято на основании соглашения (например, величина скорости света в вакууме — решением Генеральной конференции по мерам и весам);

2) при метрологической поверке средства измерения — когда в качестве истинного принимаются показания эталонного прибора.

Во всех остальных случаях рассеивание экспериментальных данных следует характеризовать величиной измерительной неопределенности.

Согласно GUM, существуют два типа измерительной неопределенности: тип А — статистической природы и тип В — нестатистической.

Ситуация с неопределенностью типа А относительно проста, для ее количественной характеристики (величиной дисперсии или стандартного отклонения) достаточно статистики экспериментальных данных. Подход GUM к неопределенности типа В менее очевиден, данное «Руководство...» полагает, что ее также можно оценить стандартным отклонением, величину которого получают из функции плотности вероятности, основанной на экспериментальных данных «или иной информации».

Неопределенность результатов моделирования

Изучать свойства природы в рамках научного метода возможно либо экспериментальными, либо теоретическими методами. Неопределенность присуща и тем, и другим.

Что касается эксперимента, то всем известно еще из практических задач на

школьных уроках физики, что измерительную неопределенность (по-старому погрешность) содержат результаты любого опыта. Более того, научный стандарт требует представлять экспериментальные данные с указанием ее величины. В последние годы, увы, это требование все чаще игнорируют, что свидетельствует о падении уровня научного эксперимента.

В части теоретического метода, так или иначе связанного с математическим моделированием, ситуация совершенно иная. Сама постановка проблемы, то есть утверждение, что у результатов моделирования есть неопределенность, зачастую вызывает у исследователей недоумение и даже ступор.

Отчего так происходит, в общем, понятно. Классическая механика, физика оперируют идеализированными моделями тел, сред, веществ, свойства которых заданы точечными числами. Классический математический анализ также изучает операции над скалярными числами. Поэтому в подавляющей части исследований параметры модельных уравнений, описывающих свойства моделируемых объектов, выражены точечными числами. Результатом таких вычислений, разумеется, будет скалярное значение искомого параметра. Неопределенности тут видимого места нет. Однако она присутствует всегда, только носит скрытый характер. Для естественных наук такое положение дел, по-видимому, приемлемо.

В инженерном деле ситуация иная. Каждый технический объект и каждый его элемент (тот же шарик подшипника) уникальны, значения их параметров в процессе эксплуатации обычно варьируют. Из-за технологического разброса еще больше различаются величины параметров в серии подобных элементов, и тем более технических объектов в целом. Возможно, в случае шариков подшипника, такими различиями можно пренебречь, в случае же, например, больших резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов этого делать нельзя.

Обеспечение аварийной безопасности технических систем — часть более общей инженерной задачи обеспечения их эффективного функционирования. Проблема неопределенности впервые возникла в инженерной науке в связи с вопросом о безопасности технических объектов, связанных с большими энергиями. Произошло это в США в 1972 году, когда группе под руководством профессора Нормана Расмуссена было поручено выполнить сравнительный анализ безопасности американских коммерческих ядерных реакторов. Колоссальную по объему работу выполнили в ко-

роткий срок, и уже к концу 1975 года появился знаменитый отчет WASH-1400 (NUREG-75/014). Отчет оказался во многих отношениях новаторским. Новым было и использованные в нем метод вероятностного анализа безопасности (ВАБ), и метод экспертных оценок, а также первая попытка анализа и оценка неопределенности стали обязательной процедурой.

В последней четверти прошлого века в США и Западной Европе метод ВАБ получил дальнейшее развитие. Согласно разработанным тамозим «Руководствам...», для так называемого риск-ориентированного подхода анализ и оценка неопределенности стали обязательной процедурой.

Обязательность КОН означает, что в анализе риска аварии, как и в современной метрологии, неопределенность результата расчета есть мера разброса численного значения, которое ему может быть обоснованно приписано на основании всей суммы имеющейся информации. По-видимому, подобный подход совершенно адекватен задачам любого инженерного расчета.

Источники неопределенности инженерных расчетов

Еще в 1989 году, при исследовании источников неопределенности результатов во время моделирования безопасности ядерных объектов, МАГАТЭ идентифицировало два их принципиально различных вида: статистический, возникающий из-за объективной изменчивости свойств природы, и эпистемический, обусловленный недостаточностью, искаженностью имеющихся знаний.

Говоря иначе, первый источник неопределенности по своей природе объективен, поскольку величина переменного параметра (например, температура воздуха) в момент прогнозируемого события или аварии неизвестна наперед. Второй источник неопределенности, напротив, субъективен. Еще одно различие между ними заключается в том, что неопределенность первого типа неустранима в принципе, в то время как вторая при получении новой информации может быть уменьшена.

По поводу типов неопределенности в целом среди специалистов существует консенсус. Принято различать следующие ее типы:

— параметрический, означающий тот факт, что величины параметров математической модели либо варьируют во времени, либо точно не известны; в этой связи их задание точечными числами оказывается очень грубым приближением;

— модельный, демонстрирующий наличие конкурирующих моделей, которые могут быть использованы для описания одного и того же явления или объекта;

— терминологический, отражающий различие трактовок разными специалистами одного и того же понятия, когда отсутствует его исчерпывающая формулировка; терминологическая неопределенность может приводить к количественным различиям в результатах расчета по одной и той же модели;

— вычислительный. Аналитические расчеты нынче редки, по большей части модельные уравнения решаются на ЭВМ методами приближенных вычислений, сообщающих результату дополнительную неопределенность. Особый случай — интервальные вычисления (об этом ниже), для которых характерна собственная вычислительная неопределенность.

Методы количественной оценки неопределенности

Вообще говоря, возможны два подхода к выполнению КОН — вероятностный и детерминистический.

Первый из них рутинно используют в экспериментальных работах после получения опытных данных необходимого объема. Возможность его применения в теоретических исследованиях появилась благодаря блестящей идее статистического моделирования, предложенной во второй половине 40-х годов XX века Джоном фон Нейманом и Станиславом Уламом, переехавшими к тому времени в США. Например, при использовании метода Монте-Карло процесс много раз повторяют, задавая его параметры с помощью генератора случайных чисел, и на основе полученных после многих попыток случайных

данных вычисляют вероятностные характеристики решаемой задачи. Вероятностный подход дает оценку параметров функции вероятности — среднего, стандартного отклонения, доверительных интервалов и т. п. — на основании статистической обработки результатов, полученных в реальном или вычислительном эксперименте.

В рамках альтернативного подхода оценивают границы интервала, в котором может меняться величина искомого параметра. Известно несколько методов детерминистического оценивания неопределенности: вычисление коэффициента неопределенности, граничных значений, интервальной. В детерминистической постановке оценивают только границы диапазона неопределенности, никаких утверждений или оценок о поведении величины параметра внутри него не делается.

При сравнении обоих подходов по информативности выигрывает, разумеется, вероятностный. Однако это его преимущество отнюдь не подавляющее — в силу одного важного обстоятельства, о котором часто забывают. Дело в том, что недетерминированность то есть незаданность какого-либо значения параметра, неэквивалентна случайности. Последняя подразумевает наличие статистической устойчивости, существование «закономерностей» распределения вероятности. Ситуация усугубляется тем обстоятельством, что термин «случайный» обычно трактуют слишком расширительно, а специальный термин для не детерминированных, но и не случайных событий отсутствует.

При больших выборках «однородных» объектов требование статистической устойчивости вполне обеспечивается, поэтому вероятностное описание уместно. Однако если индивидуальные различия объектов настолько велики,

что не образуют генеральной совокупности, тогда вероятностный подход для описания их свойств неправилен.

Использование детерминистического подхода менее обусловлено и потому более универсально. Один из его вариантов — интервальная постановка задачи. В конце XX века получил значительное развитие интервальный анализ — раздел математики, который можно использовать как превосходный инструмент для обращения с ограниченными неопределенностями, заданными не точечными числами, но интервалами — интервальными числами. Долгое время его широкому использованию на практике мешали негативные эффекты, порождающие в ряде случаев неправомерное увеличение ширины результата интервальных вычислений. Сегодня методы подавления этих негативных эффектов не только теоретически обоснованы, но и, что важнее для практиков, реализованы в специализированных пакетах интервального анализа.

Примечательно одно недавнее событие: в ноябре 2016 года IUPAC опубликовал Периодическую таблицу элементов Д.И. Менделеева, в которой впервые атомные веса многих элементов указаны в виде интервальных чисел (см. иллюстрацию). Это лучше всего демонстрирует, что пришло пора всем исследователям начинать освоение интервального анализа, а время, когда то или иное свойство можно было выразить точечным числом, прошло. Нам никуда не деться от того факта, что неопределенность результатов как экспериментальных, так и теоретических исследований есть всегда. Причем отнюдь не всегда — на самом деле в редких случаях — известно точное значение оцениваемой (измеряемой) величины и величина погрешности, поэтому количественную оценку неопределенности следует сделать обязательной.

Автор будет признателен за суждения pro и contra высказанных в статье соображений, которые можно направлять на электронную почту e.konik@list.ru



ДИСКУССИИ

IUPAC Periodic Table of the Elements and Isotopes



Зрение без линзы

Леонид Ярославский,

Тель-Авивский университет, кафедра физической электроники,
yaro@eng.tau.ac.il

Линза — важнейший элемент оптических систем. В частности, человеческого глаза: именно благодаря линзе-хрусталику на сетчатке свет собирается в виде изображения. А можно ли создавать изображения без линзы? Да, но для этого потребуется мощная вычислительная система.

Оптика с линзой

У этой истории есть начало, конец и середина. Начну с середины. В июле 2006 году я встретил на конференции в Петербурге моего старого знакомого профессора Джона Колфила — основателя и директора Центра прикладной оптики Алабамского университета и главного редактора «Journal of Holography and Speckle»; увы, его уже нет с нами. Это был удивительный человек. Всех его коллег по науке, с кем он общался, он заражал какой-нибудь идеей, и через год-два появлялись совместные работы и публикации. Например, из нашей встречи на небольшой конференции в Калабрии в 1991 году получилась совместная работа о возможности восстановления сфокусированных изображений из нескольких расфокусированных изображений, полученных разными камерами, и, конечно, совместная публикация в хорошем журнале. В тот раз он опять заговорил о новой идее — идее безлинзового обнаружения точечных источников света.

Проблема эта интересна вот почему. Как известно, для получения изображения требуется линза, которая собирает свет в узкий луч. В нашем глазу такая линза — хрусталик — выполняет удивительную работу: фокусирует свет, пришедший с огромной площади, на крошечной сетчатке, где расположены детекторы света; зафиксированный ими сигнал следует в мозг для обработки. Не будь линзы-хрусталика, мы бы видели очень мало и нечетко, даже если бы сетчатка стала размером с наше тело.

Зная параметры линзы, легко связать каждую точку изображения с соответствующей ей точкой объекта и, в частности, установить направление на эту точку. Так вот, Джон задался вопросом: а нельзя ли обойтись при получении изображений без дорогостоящих и тяжелых оптических объективов? Мне никогда не приходила в голову эта мысль, но она мне очень понравилась. Я сразу же сообразил, что тут можно сделать, и мы разъехались, довольные встречей и намечавшейся совместной работой.

Оптика без линзы

А сообразил я вот что. Все светочувствительные элементы фото-, теле- и видеокамер обладают определенной чувствительностью к направлению света. Сигнал, который они вырабатывают, пропорционален косинусу угла между перпендикуляром к их поверхности и направлением на источник света, то есть сигнал максимален, когда свет падает перпендикулярно к их поверхности, и минимален, а точнее, равен нулю, когда свет направлен параллельно.

Эта довольно слабая угловая чувствительность, из-за которой изображение в центре поля зрения ярче, чем на периферии, в обычной оптике только мешает. Но ее можно использовать для построения изображений в гипотетической безлинзовой камере. Эту возможность ограничивают шумы, то есть случайные флуктуации сигнала детекторов света. Если шум достаточно мал, из сигналов нескольких детекторов, смотрящих на объект под разными углами, можно вычислить изображение, то есть оптику, по крайней мере в принципе, может заменить вычислительная машина.

Я вернулся на работу и озадачил двоих моих дипломников построением математических моделей. Один моделировал камеру с детекторами света, расположенными на плоскости, как в



1
Схематический набросок плоской (слева) и сферической безлинзовых камер. Кружочки означают элементарные светочувствительные детекторы, звездочки — источники света, стрелки — его лучи. Компьютер обчисляет выходные сигналы детекторов и определяет направление на источники света, а если оно известно — рассчитывает их яркость, то есть реконструирует изображение

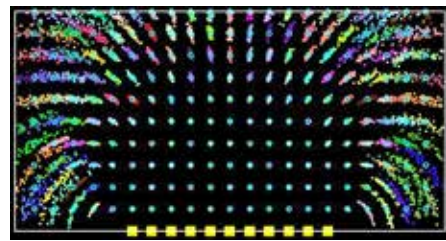
обычных фотокамерах, а второй — с детекторами, расположенными на выпуклой или вогнутой сферической поверхности (рис. 1).

Она видит!

Первые наши публикации вышли в 2008 году, а основная статья — только в 2009-м, и ее оказалось не так просто опубликовать по причинам, о которых речь пойдет ниже.

Было понятно, что для получения изображений в безлинзовых камерах, использующих только естественную — очень грубую — чувствительность детекторов к направлению освещения, потребуются детекторы с высоким отношением сигнал/шум (отношение максимальной интенсивности сигнала от освещения к интенсивности внутреннего шума детекторов). Поэтому мы при расчете остановились на предположении, что отношение сигнал/шум у детекторов света равно 100. Это разумно высокая величина, достижимая для существующих фотодетекторов.

А исследовали мы влияние расстояния между источниками света и камерой, во-первых, на точность измерения интенсивностей и координат источни-



2
Камера состоит из 11 детекторов (большие квадраты). Перед ней, постепенно увеличивая расстояния, выставляют источники света (их положения обозначены кружочками). А результат расчета положения источника, сделанного на основании света, который зафиксирован детекторами, показан точками. Для каких-то источников точки совпадают с их положением, то есть расчет оказался точным, а для каких-то образуют размытую полосу. Видно, что поле зрения камеры направлено в основном прямо вперед и ограничивается расстоянием от детекторов до линии источников в 6–7 расстояний между детекторами. Вне этих пределов ошибка велика

ков, во-вторых, на точность измерения яркостей заданного количества источников света. Последний режим можно назвать «изображающим», поскольку он переводит точки на объекте в соответствующие им точки изображения.

То, что у нас получилось для локализации источников света, иллюстрируют рисунок 2 для плоской камеры и рисунок 3 для сферических камер с выпуклыми и вогнутыми поверхностями. На рисунке 4 — результат для плоской камеры в режиме получения изображения. Главный вывод, который следует из этих результатов: локализация точечных источников света и реконструкция изображений с помощью безлинзовых

камер возможны, но при условии, что камеры расположены достаточно близко к объекту, а соотношение сигнал/шум достаточно велико.

Отголоски давней истории

Я предупреждал, что к началу истории мы еще вернемся. Вот оно. Когда стали вырисовываться первые результаты этого исследования, я вдруг вспомнил о событиях более чем 50-летней давно-



ГИПОТЕЗЫ

сти. Тогда, в 1963 году, я, начинающий младший научный сотрудник Института проблем передачи информации (ИППИ) АН СССР, присутствовал на семинаре, который проводили недавно перешедшие в наш институт из Института биофизики АН СССР сотрудники лаборатории органов зрения М.М. Бонгард и М.С. Смирнов. Они рассказывали о результатах проведенного ими обследования молодой женщины по имени Роза Кулешова, которая утверждала, что она способна читать и распознавать предметы с закрытыми глазами с помощью ладони и пальцев правой руки.

Вокруг Розы Кулешовой было в то время много шума в околonaучных интеллигентских кругах и прессе: утверждалось, что она обладает кожным зрением. М.М. Бонгард и М.С. Смирнов, известные как ведущие в СССР специалисты в области биофизики зрения, вызвались поставить серьезные научные эксперименты с целью подтвердить или опровергнуть утверждения Розы Кулешовой об этой ее способности. Кулешова любезно согласилась, эксперименты были проведены. Отчет о результатах Бонгард и Смирнов опубликовали в ведущем научном журнале «Биофизика» (рис. 5), и именно его они докладывали на семинаре в ИППИ.

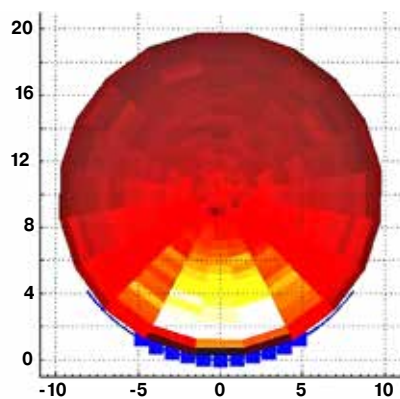
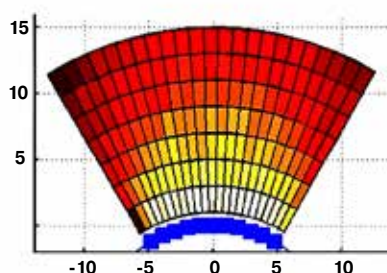
Мне хорошо запомнились основные выводы этого исследования. Бонгард и Смирнов экспериментально установили, что:

— Роза Кулешова обладала способностью распознавать пальцами правой руки большие геометрические фигуры на расстояниях 0,5—1 см и не более 2 см от картинки;

— разрешающая способность ее «кожного зрения» была примерно 0,6 мм, что соответствует 2—3 гипотетическим светочувствительным рецепторам на квадратный миллиметр;

— чувствительность «кожного зрения» к вариациям интенсивности освещения составила порядка 10%.

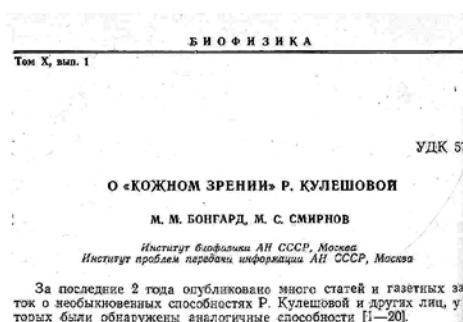
Когда мы получили первые результаты моделирования наших безлинзовых камер, я вспомнил выводы М.М. Бонгарда и М.С. Смирнова, так как безлинзовые камеры показали способность созда-



3
Диаграммы величин ошибок измерения яркости одиночных источников света выпуклой (слева) и вогнутой (справа) сферическими камерами с 11 детекторами (квадратики) в зависимости от расположения источников света. Светлые тона соответствуют малым ошибкам, темные — большим. Y-координата соответствует удалению от камеры в единицах расстояния между детекторами. Видно, что поле зрения выпуклой камеры шире поля зрения плоской камеры, а поле зрения вогнутой камеры — уже, зато она способна правильно определить источники света на больших расстояниях

Расстояние до объекта (в единицах расстояний между детекторами)	Сигнал, зафиксированный световыми детекторами камеры	Сигнал после обработки
Y=1		
Y=2		
Y=4		
Y=8		

4
Тестовый плоский объект был составлен из 8x16 источников света, которые образовали буквы «SV». Модель безлинзовой плоской камеры также имела 8x16 детекторов света. Как видно из результатов моделирования, восстановить изображение объекта из сигналов безлинзовой плоской камеры можно, но при условии, что камера расположена близко от объекта — не более четырех расстояний между детекторами



5

Фрагмент первой страницы статьи М.М. Бонгарда и М.С. Смирнова

вать изображения примерно при тех же ограничениях, которые они нашли в «кожном зрении» Р. Кулешовой. Мне сразу подумалось, что мы, возможно, нашли механизм «кожного зрения» и тем самым подтвердили принципиальную возможность его существования.

Здесь самое время объяснить, что означают буквы «SV» нашего тестового объекта на рисунке 4. Это первые буквы слов «Skin Vision», то есть «кожное зрение». Неудивительно, что статью о возможном механизме «кожного зрения» оказалось не так просто опубликовать: эта проблематика находится в опасной близости от паранауки.

Итак, что следует из полученных результатов? Прежде всего, независимо от того, обладала Роза Кулешова «кожным зрением» в действительности или удачно мистифицировала публику, оно в принципе возможно при наличии на коже соответствующих детекторов света и связанной с ними нейронной сети для анализа их сигналов. Принципиально важен также вывод, что поле «кожного зрения» ограничено самым близким расстоянием от детекторов, то есть «читать» с его помощью можно, почти прикасаясь к тексту.

Видимо, наши аргументы показали убедительными редколлегии «Central European Journal of Physics» — статью в конце концов опубликовали (L.Yaroslavsky, Ch. Goerzen, S. Umansky, H. J. Caulfield, «Optics-less smart sensors and a possible mechanism of cutaneous vision in nature»; 222010, doi: 10.2478/s11534-009-0132-7).

А что, если они есть?

По-видимому, главной претензией к феноменам видения с закрытыми глазами было убеждение в принципиальной невозможности зрения без использования линзы. Неудивительно, что сообщения о таких феноменах воспринимались крайне скептически. Но вот теперь оказывается, что зрение без линзы возможно при определен-

ных ограничениях. Доказывает ли это существование феномена «кожного зрения»? Нет, одной физической возможности недостаточно. Нужен еще биологический механизм. И главная его составляющая — наличие на коже человека фотодетекторов, связанных с нервной системой: детектор, подобно фоторецепторам глаза, должен поймать квант света и передать информацию о нем в центр обработки сигналов. А тот уж по данным нескольких детекторов восстановит изображение. То есть все должно сработать так, как это делает наша модель безлинзовой камеры. Пока что такой биологический механизм не обнаружен.

В настоящее время известна лишь одна разновидность живых существ, по коже которых разбросаны специализированные фоторецепторы; это морские звезды, да и то не все. Конечно, можно предположить, что у нашего общего с ними предка тоже имелись фоторецепторы, но этот предок жил очень давно, и неочевидно, что морские звезды не приобрели такую способность самостоятельно, когда наши эволюционные пути разошлись.

У человека и вообще у млекопитающих никаких специализированных фоторецепторов в коже не найдено. А что найдено? Во-первых, в коже зафиксировано присутствие светочувствительных белков. В их числе родопсин и другие опсины, которые отвечают за усиление разных участков спектра сигнала в сетчатке глаза. Есть в коже и белок криптохром. Функцию родопсина в коже можно считать установленной: он реагирует на поток ультрафиолетового излучения и инициирует защитную реакцию — перестраивает меланоциты на синтез защитного коричневого пигмента. Зачем коже человека нужны опсины, реагирующие на видимый и инфракрасный свет, пока что неясно — у осьминога они помогают принять маскирующую окраску. Криптохром — белок многогранный; его основная функция — регулирование циркадных ритмов, то есть настройка внутренних часов организма. Предполагается, что в клетках кожи человека он исполняет свою основную роль — помогает им подстраиваться по свету. Влияние видимого света на кожу исследуют, причем, больше в медицинских целях: чтобы понять, как меняется защитная пигментация при разном облучении, или для создания методов световой терапии. Поиска специализированных клеточных структур, способных служить рецепторами света, в научной программе нет, видимо, факт их отсутствия считается прочно установленным.

А во-вторых, в коже расположена сетка терморецепторов, которые чув-

ствуют тепло или холод. Те из них, что известны исследователям, совсем непохожи на рецепторы глаза, это скорее просто нервные окончания специальных нейронов, а срабатывают они за счет изменения проводимости ионных каналов при изменении температуры кожи. Этот сигнал и уходит в управляющие центры, которые должны обеспечить реакцию организма. Тепловые рецепторы не воспринимают напрямую тепловое или какое-то другое излучение, главное — чтобы кожа нагрелась или охладилась, а случилось ли это из-за конвекции, прямой теплопередачи или вследствие инфракрасного облучения, для рецептора не важно. Но для проблемы кожного зрения интересен именно последний вариант.

К сожалению, возникает ощущение, что измерение чувствительности терморецепторов кожи к инфракрасному излучению не входит в число приоритетных задач. Однако в базе научных статей PubMed удалось найти одну статью 1982 года исследователей из Йельского и Канзасского университетов («Bioelectromagnetics», 1982, 3, 1, 117—25; doi: 10.1002/bem.2250030115), в которой был установлен порог чувствительности кожи предплечья к инфракрасному свету: 1,7 мВт/см². Как ни удивительно, этого вполне достаточно для того, чтобы опознать черный квадрат на белой бумаге. Давайте посчитаем. Плотность теплового излучения абсолютно черного тела дается формулой Стефана Больцмана: σT^4 (σ — постоянная Больцмана, T — температура). При температуре 300 К (27°C) это составит $5,6 \cdot 10^{-12} \cdot 3^4 \cdot 10^8$ Вт/см². То есть 45 мВт/см². Вводя коэффициент «серости», получаем, что для белой офисной бумаги плотность излучения составит 25 мВт/см², а для черной краски 39—46 мВт/см².

Таким образом, предположение, что безлинзовая камера дает возможный механизм «кожного зрения», не противоречит ни физике, ни анатомии человека. Конечно, нужно быть уверенным, что терморецепторы обладают достаточным пространственным разрешением и в мозгу есть необходимый анализатор, способный по их данным восстанавливать изображение. Однако это можно выяснить в результате специальных нейрофизиологических опытов. Хочется надеяться, что в один прекрасный день смелый ученый, одинаково хорошо понимающий особенности физического и биологического эксперимента, сможет как решить эту задачу, так и выявить аналогичную чувствительность какого-то участка кожи к свету той или иной длины волны. Это открывает новую страницу в изучении скрытых возможностей человека, в частности «кожного зрения».



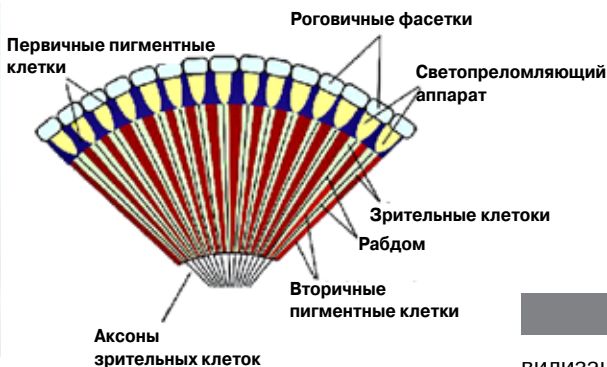
6
Фасеточные глаза насекомых

Эволюция зрения: два пути без использования линзы

И еще один аспект этой истории, который логично изложить в конце. Он касается эволюции зрения. По очевидным причинам, надеяться на отыскание ископаемых остатков органов зрения первичных организмов не приходится. Возможности, продемонстрированные нашими безлинзовыми камерами, позволяют предположить, что они могут служить моделями примитивного кожного зрения, которое могло возникнуть на самых ранних стадиях эволюции и постепенно эволюционировать в значительно более совершенные органы зрения современных животных и человека.

Для восстановления этапов эволюции важно, чтобы каждая ее следующая стадия давала хоть небольшое преимущество организмам по сравнению с предыдущими стадиями. Можно себе представить, что эволюция зрения началась с небольшого участка кожи, где случайно собравшиеся в матрицу светочувствительные рецепторы оказались связаны с примитивной нервной сетью. Так появилась возможность определять направление на источник света, и далее процесс совершенствования шел двумя путями.

Первый — изгибание в выпуклую сферическую поверхность. При этом постепенно увеличивается угловое разрешение детекторов света: они формируются в виде трубок, направленных перпендикулярно к поверхности, на которой находятся. Так возникает фасеточное зрение насекомых (рис. 6), где каждой точке изображения со-



ответствует одна трубка, и стало быть, сложность требуемой нейросети не очень высока: она пропорциональна количеству фасеток.

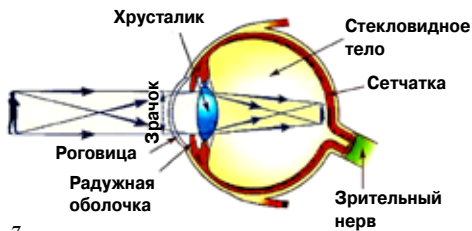
Второй путь — через изгибание в вогнутую поверхность. Как показали наши опыты, это улучшает пространственную избирательность глаза, а сужение поля зрения легко компенсировать движением глаза. Далее можно представить себе заполнение получившейся чаши водой или слизью с коэффициентом преломления, большим единицы. Эта слизь могла постепенно эволюционировать в стекловидное тело и хрусталик, то есть во все более совершенную фокусирующую оптику глаза — вогнутой камеры позвоночных (рис. 7).

На этом пути фокусировку изображения постепенно брала на себя эволюционирующая оптика глаза. А нейронные сети, связанные с рецепторами света, могли постепенно переключаться от задач реконструкции изображений к задачам их понимания. Иными словами, эволюция глаза происходила совместно и параллельно с эволюцией мозга, и на всех этих этапах глаз оставался, как говорил замечательный российский физиолог И.М. Сеченов, «частью мозга, вынесенной на периферию».

Звездный глаз

На обоих путях эволюции идет постепенное построение изображающей оптики, а не развитие нейронных вычислительных сетей для реконструкции изображений непосредственно из сигналов детекторов. Этому есть простое объяснение. Задача реконструировать из сигналов слабонаправленных детекторов изображение с качеством, которое обеспечивает оптика глаз современных животных, чрезвычайно сложна; она требует огромных вычислительных ресурсов. Нейронные сети — дорогостоящий и энергозатратный ресурс. К тому же они, будучи построены на химических реакциях, довольно медленнодействующие.

Эволюция техники и устройств получения изображений в человеческой ци-

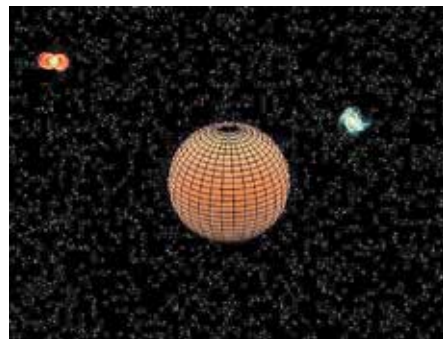


7
Оптика глаза-камеры человека



ГИПОТЕЗЫ

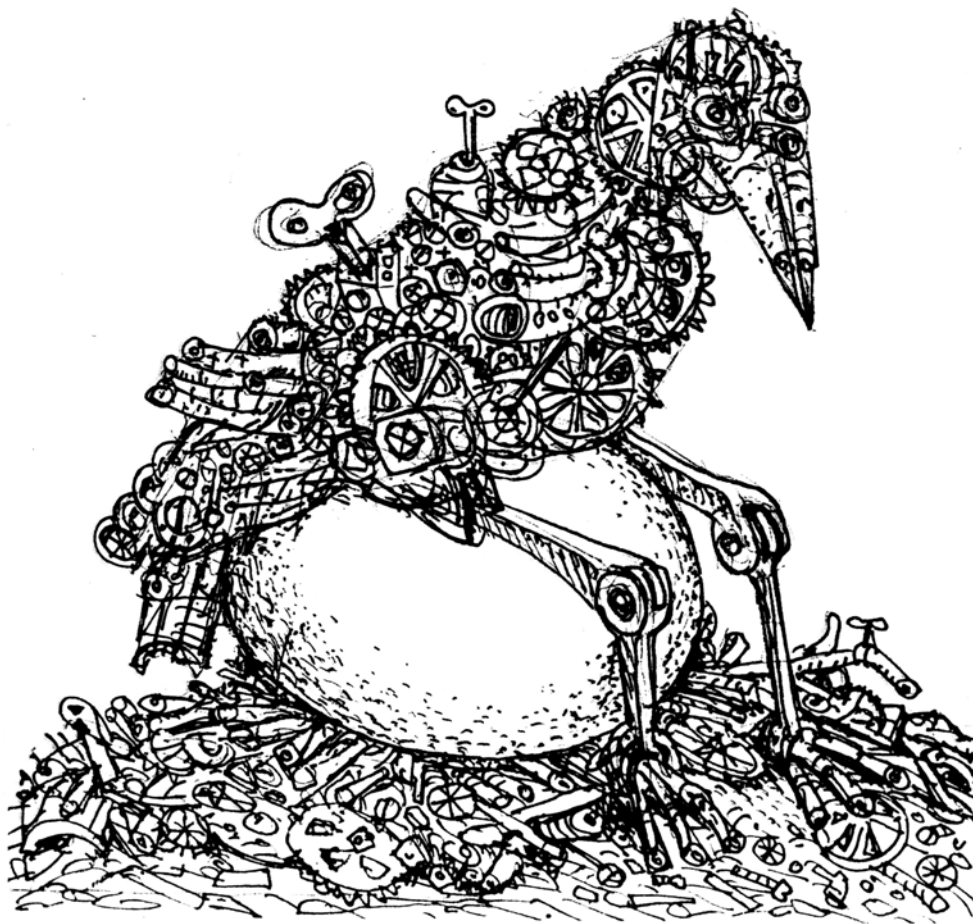
визации также пошла по пути совершенствования оптики, от очковых линз до изобретения микроскопа, телескопа, фотографических и телевизионных камер. Но цифровая революция конца XX — начала XXI века сделала реальной возможность построения изображений высокого качества без оптики, с помощью компьютеров. Первыми ласточками в этом процессе стали компьютерная томография и цифровая голография. На наших глазах цифровая техника побеждает аналоговую оптику по стоимости и догоняет по быстродействию. Сейчас никому в голову не придет строить оптический томограф, хотя это в принципе возможно, и он бы работал параллельно и создавал изображения со скоростью света. Поэтому техника, где возможности получения изображений



8
Немного воображения: космический зрячий мозг-телескоп

не ограничены размерами оптического элемента — линзы, зеркала, — будет только развиваться.

В заключение этой истории о безлинзовом зрении дадим разгуляться воображению и представим себе сферическую фотокамеру-телескоп размером, скажем, с Луну. Она парит в космосе, а заполняющий ее мозг-компьютер обрабатывает сигналы квадриллионов светочувствительных детекторов на ее поверхности (рис. 8). Главное, что они работают при температуре космического холода, а потому мало шумят, и этот телескоп дает небывалые по четкости изображения далеких миров.



**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/

Феодосий Добржанский: ЖИЗНЬ, ПОСВЯЩЕННАЯ ЭВОЛЮЦИИ

Сергей Ястребов

«Ничто в биологии не имеет смысла иначе как в свете эволюции». Эти слова знают, пожалуй, все, кто интересуется современной наукой. Но вот их автор — Феодосий Григорьевич Добржанский — не так уж известен в нашей стране, несмотря на то что он был одним из крупнейших биологов XX века. Главная причина здесь в том, что ни одна книга Феодосия Добржанского не была вовремя переведена на русский язык — вероятнее всего, по политическим причинам. Ему даже приехать в СССР с лекциями не позволили, хотя он пытался. Правда, само имя Добржанского в позднесоветское время под запретом не было: его читали (те, кто мог читать по-английски и имел доступ к нужным библиотекам), на него ссылались, с ним даже переписывались. Специалисты по эволюционной генетике великолепно знали, с кем имеют дело. Но вот в глазах неспециалистов Добржанский, пожалуй, до сих пор остается у нас отчасти загадочной фигурой. Слышали о нем многие, но чем, собственно, он велик — знают далеко не все. Кто же он такой?

Гражданин мира

Представление о человеке начинается с имени. Судя по работам историков, род Добржанских берет начало на крайнем западе Киевской Руси, захваченном в середине XIV века Польским королевством (в состав Великого княжества Литовского, расположенного чуть восточнее, эти земли никогда не входили). Существуют разные способы написания их фамилии кириллицей — Добрянские, Добржанские, Добжанские. Переехав в Америку, наш герой стал подписываться Dobzhansky. Несмотря на то что в таком виде эта фамилия похожа на польскую, сам он всегда называл себя русским.

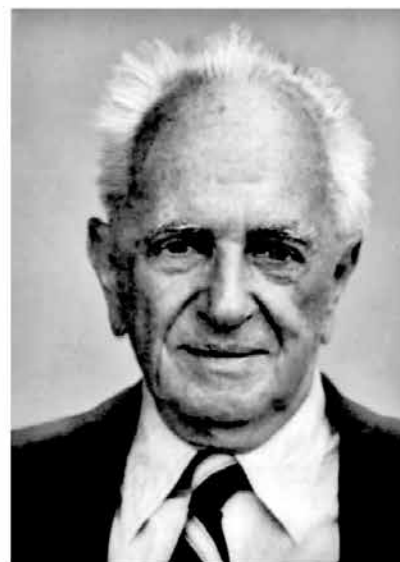
Что касается редкого имени — Феодосий, — то оно связано с семейной легендой, которую сам Добржанский в конце жизни охотно пересказывал. У его родителей долго не было детей, они молились по этому поводу святому Феодосию (по-видимому, епископу Феодосию Черниговскому, который жил в XVII веке) и называли долгожданного сына в его честь.

Феодосий Григорьевич Добржанский родился в 1900 году в небольшом городе Немирове, в той исторической области Украины, которая называется Подольем или Подолией. Там он прошел первый класс гимназии, а потом переехал вместе с семьей в Киев. Окончив гимназию, поступил в Киевский университет Святого Владимира. Причем поступил он туда в 1917 году, и его курс стал последним, занимавшимся по дореволюционным учебным программам. Именно по возрастной когорте Добржанского проходит граница между поколением, успевшим получить образование в старой России, и более молодыми людьми, которым предстояло развиваться в совершенно иных условиях.

В университете он специализировался по энтомологии, которой увлекся с детства, — типичный случай занятий биологией чуть ли не с рождения, как и по сей день часто бывает. Окончил университет успешно, несмотря на то что учеба пришлась аккурат на годы Гражданской войны, когда вокруг были бесчисленные проблемы и опасности (спустя много лет он с ужасом вспоминал «киевские дни 1919 года, когда летом расстреливали людей десятками “в порядке красного террора”»). Ничего общего с политикой он ни в тот период, ни в дальнейшем иметь не желал, призыва как в Красную, так и в денikinскую армию удачно избежал. И рано — с первого курса — начал публиковать свои работы о насекомых.

Однако в Киеве, пострадавшем от войны и растерявшем изрядную часть профессорского состава, окончившему университет Добржанскому было скучновато. К тому же в 1920 году

*История жизни в трех фотографиях.
Феодосий Григорьевич Добржанский в 1928, 1943 и 1973 году*



внезапно умерла его мать (отец умер еще раньше). Теперь его вообще ничего здесь не держало. И он стал искать способы завязать связи с другими научными центрами — чтобы расширить свой кругозор, а при случае и уехать.

Дело осложнялось тем, что в годы непрерывных войн в Россию почти не проникала зарубежная научная литература. Именно «почти»: кое-что все же чудом просачивалось. Например, в двух номерах широко известного уже тогда журнала «Природа» (1919, 7—9 и 1922, 10—12) вышли статьи Юрия Александровича Филипченко, в которых квалифицированно и увлекательно излагались основы новой, очень многообещающей науки — моргановской хромосомной генетики. Судя по всему, именно с первой из этих статей интерес Добржанского к генетике и начался.

Дальше помог случай. Устроившись преподавать в вуз, Добржанский получил право на казенное жилье и был подселен в квартиру Григория Андреевича Левитского — крупного биолога, специалиста по цитологии (науке о строении клеток), автора понятия «кариотип» (совокупность признаков хромосомного набора) и книги под названием «Материальные основы наследственности», над которой он как раз в те годы работал. Непрошеного квартиранта Левитский сперва хотел выставить, но, познакомившись с ним, передумал. Беседы с Левитским, протекавшие обычно на кухне общей квартиры, увлекли Добржанского генетикой еще больше, и он решил заняться этой наукой всерьез.

Зимой 1921/1922 года Левитский съездил в Петроград к Николаю Ивановичу Вавилову, который незадолго перед тем был в Соединенных Штатах и привез оттуда много свежей литературы по генетике. Левитский эту литературу законспектировал, а вернувшись в Киев, прочитал на основе своих записей целый курс по генетике двум слушателям, одним из которых был Добржанский. Вот такими сложными путями тогдашняя наука преодолевала барьеры, возведенные войнами и революциями.

Лекции Левитского были очень интересны, но теперь Добржанский уже хотел большего. Летом 1922 года он сам поехал сначала в Петроград к Вавилову, а потом и в Москву — к Сергею Сергеевичу Четверикову, неформальному главе московской генетической школы, который подарил ему подходящие для серьезных исследований культуры мух-дрозофил.

Вернувшись в Киев, Добржанский тут же приступил к самостоятельной экспериментальной работе по генетике. Примерно через год у него были готовы первые результаты — работа о половом аппарате некоторых мутантов дрозофилы. С рукописью статьи об этих мутантах Добржанский еще раз поехал в Петроград. И поездка оказалась удачной: петроградец Юрий Александрович Филипченко, тот самый автор статей о моргановской генетике и сам крупный генетик, оценив научный уровень Добржанского, пригласил его к себе на работу.

В начале 1924 года Добржанский переехал в Петроград, как раз в тот момент переименованный в Ленинград, и начал работать на кафедре генетики Ленинградского университета, которую Филипченко возглавлял. Здесь же он вскоре и женился на Наталье Петровне Сиверцевой, своей бывшей студентке.

Теперь специализация Добржанского как генетика определилась окончательно. Он очень быстро перестал считать себя энтомологом (хотя оставшаяся энтомологическая квалификация помогала ему всю жизнь в работе, касавшейся генетики и эволюции насекомых). А уже через два года Филипченко написал Томасу Ханту Моргану, признанному лидеру генетиков всего мира, с просьбой взять на стажировку своего подающего большие надежды сотрудника. И Морган ответил согласием. Хлопоты по организации поездки, сочетавшиеся с текущей работой в Ленинграде, заняли некоторое время, но в декабре 1927 года Добржанский с женой отбыли в Соединенные Штаты.

Примечательно, что по дороге в Америку, в поезде, пересекавшем Францию, Добржанский встретил Павла Николаевича Милюкова — крупного историка и одного из самых заметных политиков дореволюционной России, лидера партии кадетов. Молодой биолог и пожилой историк, видимо, заинтересовали



друг друга: их общение продолжалось и позже, когда Милюков приезжал отдыхать в Калифорнию. На общем кругозоре Добржанского знакомство с такой исторической (во всех смыслах) личностью, несомненно, сказалось благотворно.

В Америке его приняли прекрасно. Он мгновенно нашел общий язык и с Морганом, и с коллективом его сотрудников, и вообще попал словно в родную среду (тут не помешало даже то, что Добржанский, как многие выпускники русских гимназий, поначалу знал английский гораздо хуже, чем немецкий и французский, — прошло около года, пока он заговорил на нем свободно). Особенно сблизился он с Альфредом Стёртевантом, одним из главных учеников Моргана. Но и с самим Морганом у Добржанского сложились отношения, которые можно назвать дружескими. Никаких бытовых препятствий для работы тут не было, Добржанский мог заполнять все свое время только наукой, не отвлекаясь на преподавание и другие побочные дела. И он работал, делая одно маленькое открытие за другим. Письма Добржанского к Филипченко, написанные в этот период, полны восторженных подробных рассказов о том, что еще ему удалось обнаружить в хромосомном аппарате дрозофилы. Работа у Моргана целиком захватила его.

Неудивительно, что в этих условиях Добржанскому хотелось продлить свою командировку и остаться в Америке как можно дольше — не теряя, однако, связи с родиной. Но вот это как раз становилось все сложнее. Поначалу считалось, что Добржанский уехал на год, потом усилиями Филипченко командировку удалось продлить еще на год. И наконец, в октябре 1929 года Филипченко в письме предупредил: всё. Возможности исчерпаны. По правилам советской бюрократии, Добржанскому полагалось вернуться в Ленинград уже в текущем году, к 1 декабря. Ценой больших хлопот Филипченко добился продления его командировки до следующей весны (окончательным «дедлайном» стало 1 апреля 1930), причем даже это советские знакомые рассматривали как великую милость, доставшуюся чудом. Дальнейшая задержка означала переход в эмиграцию.

Надо полагать, что поздняя осень 1929 года была для Добржанского временем тяжелых размышлений. Он прекрасно понимал, что его скорое возвращение требуют исключительно по политическим причинам, из-за давления «сверху». Он, безусловно, знал из новостей, как сильно за последние годы изменилась советская жизнь: сворачивание нэпа, коллективизация в деревне, реформа высшей школы... Да и сам Филипченко предупреждал его: «Готовьтесь, дорогой Феодосий Григорьевич, увидеть после Нового Света здесь тоже для Вас в некоторых отношениях новый свет, к которому придется привыкать и приспосабливаться».

В декабре 1929 года Добржанский написал Филипченко, что считает свою работу в Америке незавершенной и возвращаться пока не станет. С точки зрения западного ученого, это было заурядным деловым решением. С точки зрения советского человека — катастрофой и полным разрывом со своим государством. О последнем Добржанскому говорили, но он не внял.

А потом случилось несчастье. В мае 1930 года Филипченко в полном расцвете творческих сил — ему было 48 лет — внезапно умер от менингита.

Тем не менее Добржанский не оставил надежды вернуться на родину. Уже в декабре 1929 года, сразу после решения самовольно продлить свое пребывание в Америке, он завязал переписку с

Николаем Ивановичем Вавиловым, которого просил обеспечить какие-нибудь более приемлемые условия для возвращения. Стоит подчеркнуть, что эта переписка, длившаяся больше полутора лет, не имела бы никакого смысла, если бы желание Добржанского вернуться домой не было искренним (дело дошло до отправки через океан заявления о предоставлении ему должности при ВАСХНИЛе). Вавилов тогда был у советской власти в фаворе и мог организовать многое. Он не сомневался, что Добржанскому нужно вернуться, и звал его в Россию с большим энтузиазмом. «Начинайте всерьез быть советским патриотом», — советовал Вавилов Добржанскому. «Конечно, надо подковаться диалектикой», — добавлял он летом 1931 года. Он уверял, что в СССР от Добржанского ждут книгу по генетике животных, и развивал эту мысль: «Пишите курс классический, но только чтобы не было тенденций, целеустремленности, механизма, идеалистической тенденции, грубого материализма. Одним словом, пишите курс диалектический». «Психология советской страны, конечно, совершенно особая... — писал Вавилов еще в одном письме. — Замкнуться в науку нельзя». Сопровождалось это честным признанием бытовых проблем: конечно, кое-какие трудности поначалу будут, жить одной только научной работой в СССР сейчас не получится, а особенно плохо там с квартирами. Но в конце концов, так ли уж важны для ученого материальные блага?

Вряд ли кто-нибудь удивится тому, что на Добржанского такой энтузиазм оказал действие, строго обратное ожидаемому. В августе 1931 года он отправил Вавилову из Америки письмо, в котором твердо заявил, что приспособляться к советской жизни в той степени, в какой это от него, очевидно, потребуется, он не готов. Заканчивалось это письмо недвусмысленно: «Как бы то ни было, никогда не забуду ни страны, ни того, чем ей обязан». Теперь Добржанский окончательно решил остаться в США.

Его дальнейшая биография — это биография крупного американского ученого. В 1936 году он стал профессором, в 1937-м получил американское гражданство, в 1964-м — престижнейшую в области генетики Кимберовскую премию. Как многие американские профессора, он несколько раз переходил с места на место, работая то в Нью-Йорке (Колумбийский университет, Рокфеллеровский университет), то в Калифорнии (Калифорнийский технологический институт — знаменитый Калтех — и потом, под конец жизни, Калифорнийский университет в Дейвисе). Он много разъезжал по миру — и с экспедициями, и просто в порядке научного обмена. В начале 1952 года, пережив из-за внезапной серьезной болезни определенный кризис, Добржанский составил план работы на остаток жизни, включавший написание нескольких книг; план этот был выполнен с лихвой. Он никогда не забывал цитировать в своих работах русских биологов и вообще старался поддерживать связь с родиной, насколько это было возможно в эпоху «железного занавеса». Кроме того, он был великолепным организатором науки — не в советском командно-административном смысле, а в том, который связан с известным понятием «невидимого колледжа», добровольного и неформального объединения ученых. Вокруг Добржанского эти «колледжи» постоянно самоорганизовывались. Его лаборатория вечно была полна коллег и учеников, причем и те и другие легко становились друзьями. А среди его бесчисленных трудов много коллективных монографий (и в некоторых из них Добржанский сознательно отходил на второй план, чтобы дать сотрудникам возможность подробно высказаться).

Судьба Добржанского во многом похожа на судьбу его не менее знаменитого ровесника — Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского, которого, как и самого Добржанского, вполне можно назвать классиком эволюционной генетики. Тимофеев-Ресовский учился в Москве, у знаменитого Николая Константиновича Кольцова и уже упоминавшегося Сергея Сергеевича Четверикова, был послан работать в Западную Европу и вынужденно стал невозвращенцем. Правда, в отличие от Добржанского, в Россию он в итоге все-таки вернулся, но показательно, что все его главные работы в области генетики

были сделаны именно во время жизни за границей. У тех коллег Тимофеева-Ресовского и Добржанского, кто из России надолго не выезжал, возможностей для реализации своих талантов — увы — оказалось гораздо меньше.

Последние семь лет своей жизни (1968—1975) Добржанский был смертельно болен лейкемией и знал это, однако на его образ жизни это не повлияло. Менять было нечего: он и без того всегда предельно ответственно относился ко времени, несколько десятилетий подряд ровно и неутомимо занимаясь любимым делом. Его жизненный путь — на редкость цельный.

Виды и эволюция

Самым крупным вкладом Добржанского в науку, безусловно, стало его представление о биологическом виде.

Что такое вид? Все знают, что это одно из основных понятий биологии. Абсолютно любой живой организм первым делом вызывает у грамотного биолога вопрос: к какому он относится виду? (Исключение составляют разве что вирусы, но сейчас речь не о них.) Но что можно сказать о виде, кроме того, что это ярлык, которым исследователи для удобства обозначают некую совокупность живых экземпляров или музейных коллекций? В чем, так сказать, физический смысл этого понятия, если он у него вообще есть?

Биологам удалось приблизиться к ответам на эти вопросы только в 1920-е годы — как раз тогда, когда Добржанский приступил к своим занятиям генетикой. При его активном участии и сложилась теория вида, господствующая до сих пор. Оно имеет несколько тавтологичное, но тем не менее прочно закрепившееся в литературе название: биологическая концепция вида.

В основе этой концепции лежат две идеи. Первая, принадлежащая Сергею Сергеевичу Четверикову, — о генетической разнородности, которая может таиться внутри вида под покровом внешнего единства. Вторая, на которую Добржанский вышел самостоятельно, — о межвидовой стерильности, то есть чисто генетическом «запрете» на скрещивание разных видов, в отличие от разных популяций одного и того же вида. Сочетание этих идей ведет к пониманию вида как внутренне разнородной, но тем не менее весьма единой генетической системы, отделенной от других подобных систем так называемым репродуктивным барьером (сквозь который передача генов невозможна или почти невозможна). Причем само существование этого барьера поддерживается естественным отбором и может рассматриваться как адаптация.

Заодно биологическая концепция вида сразу дает ключ к пониманию процессов видообразования. Когда внутри вида возникает репродуктивный барьер, поддержанный механизмами изоляции, вид распадается на несколько видов. И если наблюдать достаточно внимательно, все промежуточные стадии этого процесса в принципе можно воочию увидеть.

Разумеется, биологическую концепцию вида нельзя считать личным творением какого-то одного ученого. В России ее часто связывают с именем Эрнста Майра, известного американского эволюциониста, автора серии книг, которые, в отличие от книг Добржанского, были вовремя переведены на русский язык. Но Майр был не генетиком, а зоологом. Генетическую основу биологической концепции вида разработал в первую очередь Добржанский — с Майром у них есть серия совместных работ. Добавим, что Майр, бывший на четыре года моложе Добржанского, дожил до 100 лет, и даже в своих статьях, написанных в 2000 году и позже, он обильно ссылается на Добржанского, когда излагает теорию вида. Сотрудничество генетика и зоолога (Майр был специалистом по птицам) дало тут великолепный результат.

Исследования Добржанского на эту тему отнюдь не сводились к теоретическим выкладкам. Совсем наоборот. Они включали в себя и многочисленные лабораторные эксперименты, и исследования природных популяций (в основном насекомых), и сочетание первого со вторым. Добржанский скрещивал

мух-дрозофил, изучал их географическую изменчивость и механизмы межвидовой изоляции, находя ко всему этому очень изящные подходы. Например, он реконструировал путь эволюции одного из видов дрозофил, проведя тщательное сравнение видимых под микроскопом хромосомных инверсий (инверсия — это мутация, при которой небольшой участок хромосомы переворачивается задом наперед). Все эти работы были трудоемкими, но уж труда-то Добржанский не боялся.

Становление Добржанского как биолога было исключительно самостоятельным. Он не был самородком, выросшим вне традиций, — вовсе нет. Но каждую традицию, с которой приходилось встречаться, он воспринимал критически, что-то в ней отбрасывая для себя, а от чего-то твердо отказываясь. Если, например, Тимофеев-Ресовский был учеником Кольцова, а Стёртевант — учеником Моргана, то Добржанского, пожалуй, нельзя считать ничьим учеником вообще. Энтомологию, освоенную в Киевском университете, он рано оставил (уже в 27 лет называл ее не более чем «юношеским увлечением»). Учеником Филипченко его считать нельзя, потому что у них всегда были принципиально разные взгляды на эволюционный процесс и на место классической генетики в биологии. Филипченко был убежден, что эволюция групп организмов рангом от рода и выше (макроэволюция) определяется особыми, негенетическими факторами; неудивительно, что с этой точки зрения роль генетики в понимании эволюции выглядела довольно скромной. Добржанский же полагал, что в эволюционном процессе «что сверху, то и снизу» и генетика может объяснить его от начала до конца. Это убеждение определило его личную исследовательскую программу — никем не продиктованную, а собственную (он не стеснялся спорить с Филипченко, который был его покровителем и начальником и которого он очень уважал). Наконец, моргановскую генетику Добржанский изучил сам и в лабораторию Моргана прибыл уже сложившимся исследователем. Но и с «морганоидами» (как тогда неформально говорили) он в конце концов разошелся во взглядах. Ученики Моргана, в частности Стёртевант, стремились к экспериментальному изучению всеобщих механизмов наследования, мечтая о том, чтобы добраться до физико-химической структуры гена; сходными вещами занимался в Берлине Тимофеев-Ресовский, и именно это направление исследований привело к знаменитому открытию двойной спирали ДНК. Добржанскому же оно было малоинтересно. Он предпочитал использовать генетику как инструмент исследования эволюционного процесса, протекающего непосредственно в живой природе (Тимофеев-Ресовский занимался и этим, но вот тут Добржанский сделал гораздо больше). Словом, в научном плане это был настоящий self-made man, решительный и последовательный.

Важнейшим для Добржанского аспектом живой природы было внутривидовое разнообразие. Он прекрасно понимал, что изменчивость — источник любой эволюции. Но, кроме того, он понимал, что изменчивость — это, парадоксальным образом, еще и источник устойчивости. В любом биологическом виде скрыт «мобилизационный резерв» генетической изменчивости, обеспечивающий приспособляемость этого вида к меняющейся внешней среде. Первым, кто об этом догадался, был Сергей Сергеевич Четвериков (Добржанский у него толком не учился, но это ему не помешало отобрать для себя четвериковские идеи и потом всегда на них ссылаться: как говорил один великий писатель, у хорошей хозяйки ничего не пропадает). И в результате к 1940-м годам в генетике сложились две гипотезы, совершенно по-разному описывавшие структуру природных популяций.

Разные формы одного гена, как известно, называются аллелями. Согласно так называемой классической гипотезе, связанной с именем Германа Мёллера, в типичной популяции почти любой наугад взятый ген представлен у подавляющего большинства особей одним и тем же аллелем, который можно считать «нормальным». Необычные аллели редки, вредны и быстро удаляются отбором. Добржанский же, основываясь на своих исследованиях, пришел к так называемой балансовой

гипотезе, предполагающей, что в типичной природной популяции большинство генов представлено наборами из нескольких разных аллелей, частоты которых могут колебаться и вообще постоянно меняться за счет друг друга. Термин «нормальный аллель» тут просто-напросто теряет смысл.

Добржанский предполагал (а современная генетика подтвердила), что балансовая гипотеза применима и к человеку: «Люди прирожденно, генетически и, следовательно, неустраимо разнообразны и непохожи друг на друга». Разнообразие — базовое свойство людей. Оно имеет побочные эффекты вроде генетических болезней, но само по себе неотделимо от нашего вида (и, видимо, необходимо для придания ему адаптивных возможностей). Поэтому привести людей к какому бы то ни было единому идеалу нельзя. Более того, только на основе разнообразия и возможно настоящее равенство: никакие разговоры о равенстве не имели бы смысла, если бы люди были генетически идентичны, как муравьи из одного гнезда. И конечно, только на фоне биологически обусловленного разнообразия смогло возникнуть такое бесценное явление, как человеческая индивидуальность. Все эти рассуждения взяты из статей Добржанского, посвященных природе человека: как видим, узкоспециальными вопросами он не ограничивался. «Генетическое разнообразие — благословение, а не проклятие», — писал он.

Мировоззрение Добржанского было насквозь эволюционным. Он любил цитировать католического мыслителя Тейяра де Шардена: «Что такое эволюция — теория, система, гипотеза?.. Нет, нечто гораздо большее, чем всё это: она — основное условие, которому должны отныне подчиняться и удовлетворять все теории, гипотезы, системы, если они хотят быть разумными и истинными. Свет, озаряющий все факты, кривая, в которой должны сомкнуться все линии, — вот что такое эволюция». Добржанский не во всем соглашался с Тейяром де Шарденом, но вот с этой позицией он был солидарен полностью. Любое биологическое явление он рассматривал как часть эволюционного процесса, любой вид живых организмов — как «почку» эволюционного древа. Более того, с точки зрения Добржанского, нельзя сказать, что эволюция — это всего лишь некий аспект биологической реальности. Скорее наоборот, сама биология погружена в эволюционную реальность и занимается тем, что изучает одну из ее областей. Предмет биологии — составляющая единого эволюционного процесса, который начался с космической эволюции, перешел в биологическую и, наконец, дошел до культурной.

Добржанский был глубоко религиозным человеком (как и Тимофеев-Ресовский, о котором это хорошо известно). Причем его религиозность не замыкалась в личной сфере — он считал себя обязанным делиться своим мировоззрением со всеми, кому оно могло быть интересно или полезно. В последние двадцать лет жизни он выпустил ряд больших статей, позволяющих с этим мировоззрением познакомиться. Добржанский был убежден, что эволюционная биология (вместе с физической космологией) и христианство прекрасно дополняют друг друга: они совместно формируют нестационарную модель мира, в которой Вселенная необратимо развивается, и будущее может быть качественно новым. Для него было очевидно, что христианский эволюционизм — дело совершенно естественное. «Сотворение мира — не событие, случившееся шесть с лишним тысяч лет назад; это не акт, а процесс; оно не завершено и продолжается прямо сейчас, перед нашими глазами; в этом — надежда для человека на лучшую жизнь, и не только в посмертии, но и здесь, на земле».

«Вклад Добржанского в эволюционную биологию, возможно, больше, чем у любого другого ученого со времен Дарвина», — писал его ученик Франсиско Айала, тоже знаменитый генетик. Пожалуй, это слишком категоричное утверждение: XX век был очень богат мыслителями-эволюционистами. Но, во всяком случае, одним из самых ярких биологов этого века Феодосий Добржанский был точно.



Случайности в Феврале

Воспоминания лидеров и современная история



Кандидат исторических наук

А.В. Бочаров

Сто лет назад, в 1918 году, закончились последние надежды исторически обреченного «старого мира». Важное напоминание всем, кто способен увидеть место исторической случайности и знаки исторической необратимости в современности. Какие же это были случайности и какие необратимости?

Выбор пути

В своих воспоминаниях «Кризис власти» лидер меньшевиков И.Г. Церетели события в феврале-марте 1917 года называет «февральским восстанием», а Февральской революцией — весь период работы Временного правительства. В этой статье будет применен именно такой подход. Он представляется правильным, поскольку революция, понимаемая как кардинальная смена общественного, государственного и экономического строя, не совершается за несколько дней и не сводится к беспорядкам в столице. Допустимо считать, что революция длилась весь год, состояла из нескольких этапов и закончилась Октябрьским перево-

ротом (или следующей революцией). На каждом из этапов неизбежность и случайность каждый день в разных ситуациях комбинировались по-разному. Многие из этих комбинаций не сохранились в исторической памяти, но то, что сохранилось, доступно для анализа.

Лидеры революционной России по-разному представляли себе эти альтернативы и свои роли в их реализации. Каждый участник событий дает собственную картину, так что видно не только различное понимание одних и тех же событий, но и включение или невключение разных фактов в его персональный образ революции. Любое историческое событие наблюдает множество людей, каждый замечает и запоминает собственные казусы, которые можно истолковать как случайности.

Заседание Совета рабочих и солдатских депутатов в Таврическом дворце в марте 1917 года.

Эпизод четвертый: первый шанс коалиции Временного правительства и Петроградского совета

С марта по октябрь 1917 года в столице сложилось двоевластие. Конкуренция и согласование решений происходили между Петроградским советом рабочих и солдатских депутатов и Временным правительством. В Совете все вопросы тогда решались свободным голосованием. Какую роль в истории мог сыграть отдельный случайный голос?

Член Трудовой народно-социалистической партии 33-летний Владимир Бенедиктович Станкевич в своих воспоминаниях показывает, что после революции в деятельности Советов господствовали случайность и хаотичность. Он в течение апреля и марта участвовал в работе Исполнительного комитета Петросовета и так описывает это время: «Комитет был учреждением, созданным наспех... Вопросы приходилось разрешать под напором чрезвычайной массы делегатов и ходоков как из Петроградского гарнизона,

Окончание. Начало в № 7.

так и с фронтов, и из глубины России... Важнейшие решения часто принимались совершенно случайным большинством голосов. Обдумывать было некогда, ибо все делалось второпях, после ряда бессонных ночей, в суматохе... Н.С.Чхеидзе, только председатель, а не руководитель, лишь оформлял случайный материал, не давал содержания...»

В июне 1917 года Станкевич назначен комиссаром Временного правительства на Северном фронте. Перипетии столичной политической жизни отошли для него на второй план. Военные действия также полны были случайностей, но не они, как показало время, решали судьбу революционного правительства.

Ираклий Георгиевич Церетели, выходец из известной грузинской княжеской фамилии, возглавивший Петросовет после Чхеидзе, был наиболее влиятельным из меньшевиков. В своих воспоминаниях Церетели ни разу не упоминает случайности, зато слово «неизбежность» повторяет часто. Особенно часто, когда он рассказывает о возможности коалиции в одном органе власти Временного правительства и Петроградского совета. Вопрос о коалиционном правительстве решался 28 апреля в Исполнительном комитете Советов.

Церетели пишет: «Исход голосования был сомнителен ввиду расхождений в руководящем большинстве... мы не считали целесообразным прямое наше участие во власти. Дать понять шедшим за нами массам необходимость считаться с трудностями, которые стояли перед революцией, было легче, оставаясь вне правительства, чем беря в руки от их имени власть. В этом последнем случае иллюзии, как и требования масс, должны были неизбежно возрасти. Вот почему я и мои ближайшие товарищи по Ис-



Абрам Рафаилович Гоц (1882, Москва — 1940, Красноярский край) с марта 1917 г. лидер эсеров в Петросовете, во время гражданской войны воевал с большевиками, в 1920 г. арестован

полнительному комитету до последней минуты боролись против все усиливавшегося течения, толкавшего нас в сторону образования коалиционного правительства... Почти все народники, с.-р. и трудовики были за коалицию, большевики — против».

Исходный союз Петросовета и Временного правительства, безусловно, изменил бы ход истории. Если бы Временное правительство было коалиционным уже в первом своем составе, дальнейшего пагубного двоевластия не было бы или оно было бы иным. Наверняка вскоре коалиция изменилась, но расклад сил и набор «невидимых случайностей» оказался бы другим. Возможно, настолько другим, что большевики в итоге не захватили бы власть, ведь в начале весны они еще не имели того влияния, которое позволит им летом и осенью организовать попытки военного переворота. Именно поэтому интересно проанализировать, насколько вероятной была коалиция в начале и какие исторические случайности можно найти в этом историческом моменте.

Снова Церетели: «Участие в правительстве было отвергнуто 24 голосами против 22 при 8 воздержавшихся и еще большем числе уклонившихся от голосования. Хотя эсеровская фракция почти в полном составе голосовала за коалицию, Гоц демонстративно, с улыбкой, поднял руку против». Итак, еще два голоса — и перевес на стороне коалиции! Если бы всего один человек, склонный к индивидуализму, проявил партийную солидарность и проголосовал так же, как и все члены его партии, и своим примером, возможно, повлиял на хотя бы еще одного воздержавшегося, то ход Февральской революции был бы иным. Этот почти забытый эпизод с голосованием в



Ираклий Георгиевич Церетели (1881, Кутаиси — 1959, Нью-Йорк) с марта 1917 г. член исполкома Петроградского Совета, с мая 1917 г. министр во Временном правительстве, в 1918-20 гг. — один из лидеров независимой Грузии, с 1921 г. в эмиграции



РАССЛЕДОВАНИЕ

своих воспоминаниях упоминает только Церетели. Об этом демонстративном голосе «против» не упоминает даже лидер эсеров В.М. Чернов, посвятивший А.Р. Гоцу отдельную главу в своей книге «В партии социалистов-революционеров: воспоминания о восьми лидерах». Видимо, тогда свидетелям и участникам этого голосования все представлялось не столь фатальным, казалось, что отдельные случайные голоса не играют никакой важной роли в ходе истории.

Церетели в мае 1917 года при формировании второго состава Временного правительства (первого коалиционного правительства с участием социалистов) вошел в его состав как министр почт и телеграфов. Но для укрепления власти правительства это назначение уже ничего не решало. Один месяц во время революции может абсолютно изменить траекторию развития событий. Эта коалиция не смогла предотвратить восстания большевиков в июле и в октябре. Церетели после июльского восстания не входил в правительство.

Попытка создать новую коалицию повторится в Демократическом совещании 19 сентября. Голосовать будут почти полторы тысячи депутатов. Милюков в своей книге «История второй русской революции» подробно разбирает случайные и неслучайные голоса этого голосования в главе «Второй кризис власти». Однако в сентябре «время» Временного правительства было уже на исходе, один голос ничего не мог изменить.

После октября 1917 года судьбы бывших вершителей истории зависели от воли большевистских лидеров. А.Р.Гоц умер в 1940 году в Красноярском лагере (Краслаге) на лесоповале, И.Г.Церетели и В.Б.Станкевич дожили до старости и умерли в эмиграции в США.

Во время революции происходило много забытых незначительных поступков и происшествий, упоминаемых только однажды, в записках одного из участников или очевидцев. В научно-исторических исследованиях подобные микрособытия если и упоминаются, то лишь в ходе общих описаний и наряду со множеством других незначительных событий, создающих исторический фон

или оживляющих повествование. Но, возможно, именно эти незначительные поступки и происшествия были главным, решающим условием, достаточной и необходимой причиной важных исторических событий? Может быть, вся дальнейшая история зависела от одной поднятой руки, хотя сам человек, совершивший это действие, никогда бы не поверил в его значимость?

Доказать или опровергнуть это невозможно, можно только принять или не принять такой подход к исторической интерпретации и такой взгляд на историю. Отвергнуть его хочется, потому что он не показывает героизм и героев и не подходит для учебников истории, особенно идеологизированных, а сосредоточивает внимание на мелочах и нелепостях прошлого. В целом такое понимание истории портит ощущение «величия момента», а ведь именно ради этого ощущения люди чаще всего обращаются к истории.

Эпизод пятый: июль-август 1917-го — фатальные ошибки честолюбцев

В данном случае это министр-председатель А.Ф. Керенский, генерал Л.Г. Корнилов, ординарец В.С. Завойко.

Павел Николаевич Милюков в книге «История второй русской революции» упоминает случайности очень часто, и почти всегда речь идет или о «случайных людях» в политике, или о «случайных голосах» при голосовании по ключевым вопросам. Революционная ситуация сложилась, по мнению Милюкова, из-за «случайных людей», «проходимцев» во власти. Судьбу новой революционной власти Милюков также ставит в зависимость от случайных людей. Даже министра-председателя Временного правительства А.Ф. Керенского Милюков называл «случайным обитателем Зимнего дворца».

Завоевания Февральской революции держались на очень сложной и хрупкой системе равновесия. В центре этого равновесия оказался 36-летний бывший адвокат, бескомпромиссный обличитель пороков царского режима, честолюбивый оратор и нервный человек, страдавший от невыносимых болей после удаления почки. Керенский постоянно балансировал то вправо, то влево и мог в любой момент нарушить равновесие. С учетом недостатков его личности, которые отмечали все современники, это было неизбежно, но как и когда должно было произойти — вопрос исторической случайности.

Случайная вспышка мнительности честолюбца Керенского 12 июля 1917 года привела к замене генерала Брусилова на генерала Корнилова в должности главнокомандующего с 19 июля. Допустимо



Александр Фёдорович Керенский (1881, Симбирск — 1970, Нью-Йорк) с марта 1917 г. министр во Временном правительстве, с июля 1917 г. министр-председатель Временного правительства, с 1918 г. в эмиграции

предположить, что именно в этот момент равновесие было необратимо нарушено. Вот как описывает этот случай Милюков: «Керенский, не зная намерений генералов, уже в Ставку приехал смущенный. Его очень раздражило затем то случайное обстоятельство, что Брусилов, занятый спешными делами, перепутав час прихода поезда, не встретил его на вокзале. Приняв это за демонстрацию, Керенский, оставаясь в вагоне, послал приказание верховному главнокомандующему явиться для доклада. Сделанные генералами на заседании заявления и предложения он выслушал, едва скрывая гнев. Тонем вызывающей иронии он ответил генералам, что готов подписать все меры, которые они требуют, но затем подаст в отставку и предоставит их неизбежной мести солдат. Он получил сухой ответ, что отставка его пока еще преждевременна. Свое бессильное раздражение Керенский излил на Брусилова. Тут же, в вагоне, на возвратном пути он решил его отставку и наметил его преемником генерала Корнилова».

В своих воспоминаниях много лет спустя сам Керенский напишет, что «Корнилов менее всего был подготовлен к роли политика». Главное заключалось в том, что Корнилову была свойственна «неразмышляющая решительность», однако какой-либо рефлексии по поводу своего эмоционального и бессмысленного приказа по смещению Брусилова и назначению Корнилова Керенский в своих воспоминаниях не высказал.

Рассматривая причины корниловского выступления, Милюков также отводит главную роль «случайным людям». Он пишет: «Чтобы открыть секрет этой зависимости Корнилова от случайных людей, нужно иметь в виду его характер, в котором крайне ревнивая и упрямая защита своей самостоятельности очень своеобразно соединялась с какой-то детской доверчивостью к людям, умевшим ему польстить. Достаточно представить себе то положение, при котором Завойко, кустарный политик, освещал для Корни-

лова перспективы внутренней политики, а Аладыин, импониравший англичанам своим мнимым личным влиянием в России, а русским — такой же своей ролью в Англии, являлся авторитетом в вопросах политики внешней, чтобы оценить всю ограниченность кругозора, в котором вырабатывались практические шаги Корнилова».

Что же это за две полузабытые фигуры в ближнем круге Корнилова, о которых упоминает Милюков? Насколько важную роль сыграли эти люди в попытке военного переворота, которая изменила соотношение сил в пользу большевиков, подорвав авторитет Керенского и Временного правительства?

Алексей Федорович Аладыин (1873—1927) — крестьянский сын, после участия в агитации, ссылок и эмиграции прошел путь от уполномоченного от крестьян в 1906 году до международного представителя Первой Государственной думы в Лондоне, где затем и остался до 1917 года, когда присоединился к Корнилову.

Однако главную роль в замысле о провоцировании мятежа сыграл прапорщик Василий Степанович Завойко — ординарец генерала Л.Г. Корнилова в 1917 году, на квартире которого собирались заговорщики. Как ни странно, эта, возможно, ключевая фигура редко упоминается в «канонических» описаниях событий.

Ороли Завойко Милюков также пишет в «Истории второй русской революции». После революции 1905—1907 годов, будучи из дворянского сословия, Завойко занялся финансовой и промышленной деятельностью. В Петроград он вернулся в начале апреля 1917 года, издавал журнал «Свобода в борьбе», в котором проводилась мысль о том, что с приходом к власти Временного правительства Россия вступила в эпоху анархии и безответственности и что спасут ее не партии и организации, а чудо и отдельные люди.

Многие считали Завойко политическим интриганом. Он составлял бумаги и сочинял тексты приказов для Корнилова и в конце концов стал оказывать на него огромное влияние, подогревал его честолюбие и повышал его популярность. Вполне допустимо предположить, что с какого-то момента Завойко стал, по сути, думать и говорить вместо Корнилова. И на это краткое время генералы сделали марионетками в его игре. Судьбы этих генералов сложились трагически. Генерал Крымов застрелился сразу после провала переворота, другие, попав в заключение, затем погибли в Гражданской войне, как сам Корнилов, кто-то эмигрировал и написал воспоминания, как, например, А.С. Лукомский.

Опытные, закаленные в боях генералы оказались втянутыми в провальную авантюру с использованием неосве-



*Лавр Георгиевич Корнилов
(1870, Усть-Каменогорск — 1918, Екатеринбург)
с марта 1917 г. Главнокомандующий войсками Пе-
троградского военного округа, участвовал в аресте
императрицы и её семьи, в июле 1917 г. Верховный
главнокомандующий, в августе 1917 г. выступил
против правительства Керенского,
в 1918 г. организовывал Добровольческую армию на
Дону и начал войну с большевиками, убит
при штурме Екатеринодара*

домленных войск против правитель-
ства, которому они присягнули. Их
патриотический порыв, который будет
затем в полной мере реализован в годы
Гражданской войны, сейчас оказался
неуместным и невостребованным.
Керенский так описал причины своей
«бескровной победы»: «Весь план по-
хода на Петербург был построен на
детском расчете: действовать против
Временного правительства, убеждая
полки, что корпус идет на помощь Вре-
менному правительству против боль-
шевиков. 28–29 августа этот обман
генерала Корнилова строевые казаки
обнаружили, и заговорщики остались
без армии».

Затем Керенский описывает «оборо-
нительную кампанию» в печати, которую
после ареста Корнилова организовали
его сообщники, оставшиеся на свободе.
Смысл кампании заключался в утверж-
дении, что никакого заговора не было,
что Керенский действовал по договорен-
ности с Корниловым, а затем под давле-
нием Советов и по своему малодушию
генерала предал. Это измышление было
немедленно подхвачено большевиками
и подорвало доверие солдатской массы
к только что восстановленной в стране
власти.

Милюков отмечает, что до корнилов-
ского выступления «в продолжение
довольно долгого времени после июль-
ского восстания Ленин был крайне пес-
симистически настроен относительно
возможности для его партии завоевать
большинство трудящихся». Именно
после корниловского выступления у

большевиков появился новый сильный
повод агитировать массы в свою пользу
и организовывать их против Временного
правительства.

С точки зрения достаточных и необхо-
димых обстоятельств именно деятель-
ность В.С.Завойко стала причиной ав-
густовских событий 1917 года, а значит,
именно этот человек сыграл незамет-
ную, но ключевую роль в дальнейшей так
называемой большевизации советов.
Конечно, к тому, что произошло после
этого, он уже непричастен. В октябре
1917 года начинают действовать другой
расклад сил, другие люди и другие слу-
чайности.

В глазах высокообразованного Милю-
кова недоучившийся авантюрист Аладьин
и спекулянт и интриган Завойко были,
конечно, некомпетентными и случай-
ными людьми. Насколько здесь можно
согласиться с Милюковым? Достаточно
ли быть проницательным интеллек-
туалом, чтобы направлять историю в
желательную сторону? Может, как раз
то, что некоторые интеллектуалы еще
оставались у власти во время револю-
ции, было случайностью, а то, что от-
вергнутые прежней властью энергичные
дилетанты оказывались влиятельными
фигурами, — неизбежностью?

Что значит в истории «случайный чело-
век»? Видимо, это тот, кто не планировал
и не рассчитывал занять место, на кото-
ром оказался, кто был неподготовлен и
непредсказуем в своих решениях, кто не
осознавал всей ответственности за свои
решения в момент их принятия. Тот, кто
однажды произвел нужное впечатление
или вовремя оказался под рукой. Воз-
можны ли другие, то есть не случайные
люди, в руководстве революционными
стихийными событиями? Может быть,
люди подготовленные, предсказуемые,
ответственные и сознательные поста-
рятся избежать стихийных потрясений,
или не оказаться в самом их центре,
или, если оказались, вовремя отойти в
сторону?

В историческом сознании таких «случайных людей» называют по-разному:
людьми второго плана, людьми на
вторых ролях, людьми ближнего круга,
малозаметными фигурами, малоизвест-
ными деятелями, иногда выскочками и
авантюристами. Может быть, именно
такие люди — истинные, хоть и не-
вольные, творцы крупных исторических
потрясений? А влияние и роль людей вы-
дающихся, людей первого плана, обще-
известных лидеров — монументальный,
но иллюзорный конструкт исторической
памяти потомков и политической конь-
юнктуры современников? Может быть,
мелкие поступки, которые не вошли в
учебники истории, были решающими
историческими факторами и самым по-
учительным историческим опытом? Если



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

принять эту точку зрения, много страниц
в истории придется переписать.

Заключение

Любую длящуюся революцию можно
осмыслить как производство много-
численных утопических идей. Мечты
об идеале, о справедливости, о благе у
каждого свои. У кого-то утопия связана
с персональным мифом о собственной
судьбе, карьере, влиятельности. У лич-
ностей исторического масштаба — с
общественными или государственными
интересами. Те, кого случайности рево-
люции приводят на властные позиции,
получают шанс построить свой идеаль-
ный мир. Однако реальность и мечты
не совпадают, непредусмотренные и
неосмысленные препятствия, связан-
ные с чужими идеалами и мечтами, пре-
вращают стремление к лучшей жизни в
крушение надежд.

Видимо, главная утопия, в которую
верят все исторические деятели, —
способность предвидеть ход событий
и управлять им. То, что опровергает
их веру в собственную историческую
проницательность и миссию, они могут
объявить случайностью. В свою очередь,
то, что совпадет с их представлением о
событиях, они склонны объявлять исто-
рической неизбежностью.

Воспоминания участников событий

Станкевич В.Б. Воспоминания. 1914—
1919. Берлин, 1920.

Чернов В.М. В партии социалистов-ре-
волюционеров: воспоминания о восьми
лидерах. С.-Петербург: Дмитрий Була-
нин, 2007.

Керенский А.Ф. Потерянная Россия.
Москва: ПрозаиК, 2014.

Мартынов Е.И. Корнилов. Попытка во-
енного переворота. Ленинград, 1927.

Милюков П.Н. История второй русской
революции. София: Российско-болгар-
ское книгоиздательство, 1921.

Церетели И. Кризис власти. Воспоми-
нания лидера меньшевиков, депутата
II Государственной думы. 1917–1918.
Москва: Центрполиграф, 2007.





Художник Н. Колпакова

Каннибализация без каннибалов — и с ними

Страсть к убийству как страсть к зачатию —
ослепленная и извечная,
она нынче вопит: зайчатины!
Завтра взвоет о человечине...
А. Вознесенский. Охота на зайца (1963)

«**М**олчание ягнят». Этот фильм (1991) и роман Томаса Харриса (1988), по которому он был снят с блистательным Энтони Хопкинсом в главной, не будем скрывать, роли, стали заметной чертой культурного ландшафта 1990-х. И принесли в массовое сознание тему каннибализма, одного из сильнейших табу в человеческой культуре. Настолько сильного, что его не пришлось, например, вносить отдельной строчкой в десять заповедей — нет там запрета «Не употребляй в пищу ближнего и дальнего своего». И так само собой разумеется.

Доктор Ганнибал Лектор стал основным злодеем/героем еще не законченной пенталогии, прошел по киноэкранам, телеэкранам и пока не остановлен. Что же так привлекает фантастов в каннибалах? Какие глубины они ищут в историях о пожирании людей?

Так было не всегда. Когда Роберт Блох писал свой роман «Психо» (1958) по реальной истории серийного убийцы, а Альфред Хичкок снимал по нему свой знаменитый фильм (1960), тема каннибализма ушла из текста и с ленты как слишком шокирующая для непривычного читателя/зрителя. Однако шутить на эту тему позволялось, например, Натан Эйдельман в киноповести «Пра-пра» (1965) дал исторически обоснованное объяснение людоедству. В хроноскоп исследователи наблюдают: «При демонстрации быта массагетов (рекомендация РЕКОСМЭКа: община, скотоводство, мирные наклонности, уважение к старшему, нравственность, умеренность) на глазах 7 тысяч несовершеннолетних несколько молодых людей съели (довольно быстро) своих престарелых родителей с полного согласия последних: «Лучше покоиться в родных желудках, нежели в песке и глине»».

В фильме Эльдара Рязанова «Человек ниоткуда» (1961) по сценарию Леонида Зорина вождь племени снежных людей-людоедов в исполнении неподражаемого молодого еще Папанова произносит: «Не ел друзей, как будто бы не знал, что друга съесть особенно приятно».

Каннибализация человека в просвещенные времена научно-фантастического будущего, вдруг как-то незаметно ставшего

нашим настоящим, необязательно шла прямолинейным путем поедания населения.

«Органлегеры» по аналогии с бутлегерами времен «сухого закона» занимаются запрещенной деятельностью по разбиранию на части добропорядочных граждан в романе «Органолеггеры» Ларри Нивена (1969–1976). Когда органы нужны сотрудникам всемогущих корпораций, дело ставится на промышленную основу. В романе Зиновия Юрьева «Люди и слепки» (1973) для достаточно богатых людей создаются их «слепки» — клоны. И разбираются на части в случае болезни оригиналов. Та же история, только в еще более черном варианте, происходит в романе Дэйва Дункана «Струны» (1990). Там богачи и звезды возвращают себе молодость за счет ремонта клонированными телами.

Ничто не должно пропадать в космическом полете. Обитатели корабля поколений в романе Роберта Хайнлайна «Пасынки Вселенной» (1941) отправляются в конвертор. Точно так же и герои рассказа Клиффорда Саймака «Поколение, достигшее цели» (1953). И бесчисленное количество их современников-писателей не сомневалось — звездный полет стоит того, чтобы войти в реальный, а не метафизический круг превращений.

Пол Андерсон в рассказе «Вкусите плоти» (1969), награжденном «Хьюго», материализовал метафору причастия — вкушения плоти Христовой. На планете Локон туземцы — впавшие в дикость после распада Галактической империи потомки землян-колонистов — беспричинно убивают одного из прилетевших восстанавливать межзвездные связи людей. Расследование выясняет страшную правду. Планета очень негостеприимна, ее биосфера практически неспособна поддерживать жизнь людей. Чтобы достичь зрелости, они должны получить хотя бы одну порцию полноценного земного белка. Для семьи убийцы космонавт и становится этим пропуском в жизнь. Что же более развитые представители цивилизации локонитов? А они, оказывается, выращивают для себя людей как скот.

В космосе человек может оказаться единственным пищевым ресурсом. Да, чтобы его использовать, нужны очень сильная мотивация и... безумие. В рассказе Джона Уиндема «Выживание» (1952) то и другое выпало на долю потерпевшей космическое крушение Алисы, молодой матери, готовой на все для спасения дочери. Когда на помощь приходят космонавты с Земли, она видит только появление в пределах досягаемости пищи.

Выживание — жестокое ремесло. Оно предполагает отказ от любых табу. Правда, отказ от некоторых табу становится отказом от человеческой сущности — а тогда какой смысл в выживании? Если же не задаваться этим вопросом, то страшноватая картина распада человеческих ценностей в рассказе Харлана Эллисона «Мальчик с собакой» (1969) вполне может быть аргументом «от противного». В постапокалиптическом мире мальчик встречает девочку (один из трех базовых сюжетов, по мнению Роберта Хайнлайна). И скормливает ее своему псу. Потому что без человеческих чувств в распавшемся мире «новой волны», которую Эллисон в значительной мере сформировал и поддерживал, можно обойтись, а вот без верного помощника — нет.

Гарри Гаррисон, о котором мы чаще думаем, как об авторе веселых авантур Джима Ди Гриза — Стальной Крысы, в романе «Подвиньтесь! Подвиньтесь!» (1972) нарисовал впечатляющую картину перенаселенного мира. А в фильме по его роману — «Зеленый сойлент» (1973) был сделан следующий шаг. Катастрофу перенаселения дополнила экологическая катастрофа, и умирающий планктон в пище нового века заменил человеческой плотью, утилизируя трупы.

В рассказе Майкла Блумляйна «Ампутация тканей и вариативная регенерация: история болезни» (1984) генетически модифицированные ткани органов Рональда Рейгана используются, чтобы прокормить бедноту. Органы ампутуют без анестезии, — видимо, у фантастов 80-х Рейган пользовался



ХИМИКИ И ЛИРИКИ

такой же примерно популярностью, как нынче Дональд Трамп.

Рассказ Александра Силецкого «Ночь птичьего молока» (1989), как говорили, был навеян новогодними пожарами, случившимися однажды в относительно сытой брежневской Москве. В этом рассказе каннибализм выступает последним, ультимативным выражением «потребительства». Когда душа потребителя уже ублажена и черной икрой, и птичьим молоком, а возможности скатерти-самобранки все еще не исчерпаны, жареная человечина выступает вершиной запретного и пределом желаний. С соответствующим возмездием.

Но то, что начинается как трагедия, вполне может закончиться как фарс. Страшноватый, правда, фарс. Учитывая нынешние тенденции развития 3D-печати, развитие технологии управления культурами клеток, не придет ли время коносьеров-гурманов, которым на заказ изготавливают мясные блюда из человечины? Если верить Интернету, такие услуги уже оказываются, более того, мясoproduct обещают из клеток знаменитостей — хотя, конечно, не исключено, что все это розыгрыш. И можно себе представить, как в будущем на новом витке спирали воплотится ситуация из песни Высоцкого «Почему аборигены съели Кука». А какие тут могут расцвести моды, диеты и суеверия!

Попытку представить некоторые особенности такого мира предпринял Ант Скаландис в романе «Катализ» (1993), действие которого происходит в будущем мире изобилия, где посетителям ресторана предлагается, к примеру, деликатес — «девичьи соски, обжаренные в оливковом масле».

Отделяет нас от этой эпохи всего ничего. Тонкий слой человечности, который считал самым большим преимуществом человека великий Станислав Лем.

Что касается инопланетян, питающихся людьми, — это в фантастике не диковинка. Традицию заложил еще Герберт Уэллс в «Войне миров» (1898). Франсис Карсак в романе «Бегство Земли» (1960) описал расу р'хнехров, которые не только держали в психоплену потомков земных звездолетчиков, но и питались ими.

В рассказе Деймона Найта «Как подать» (1950) человек — вершина галактического кулинарного искусства. Инопланетяне очень ценят представителей нашей расы, особенно запеченных со специями. В оригинальном названии писатель употребил игру слов — *to serve man* означает и «служить человеку», и «готовить человека» (в кулинарном смысле). Возможно, яркие впечатления от этого неординарного произведения до сих пор не отпускают противников METI (Messaging to Extra-Terrestrial Intelligence), которые считают иной разум безусловной угрозой существованию человечества. Ведь, если подумать, кулинарная привлекательность должна занимать верхнюю строчку в списке галактических достоинств человечества. Не достижениями же культуры нам хвалиться.

**Владимир Борисов,
Александр Лукашин**

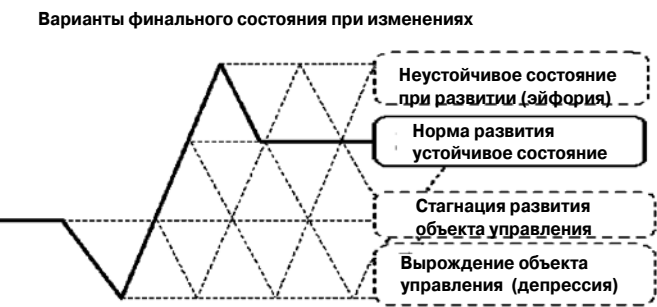
Магический кристалл для царя

В.Д. Киселев

Царь Салатан из сказки Пушкина, не понимая, как дальше управлять своим царством, от безысходности бросается в путешествие, где находит трех сестер, а с ними и возможное решение проблемы (см. «Химию и жизнь», 1999, 4). А есть ли какой-то более простой способ действия? Попробуем поискать его.

Цикл развития «Норма – модернизация – новация – новая норма».

В российской и мировой мифологиях есть множество сказочных стран, руководимых вождями, царями, цезарями, императорами. Большинство, успешных из них, запомнилось проведенными преобразованиями, прежде всего заменой существовавших норм новыми нормами. И все, как правило, затевается ради дополнительных ресурсов: больше территории, подданных, технологий, больше энергии и доступа к информации. Причем порой это происходит и без особой активной роли главного персонажа – сам ход событий заставляет его следовать по пути внедрения инноваций. Возьмем сказку «Конек-Горбунук». В самом ее начале младшенький сын, Иван-дурак, не хотел ничего менять в своем привычном крестьянском быте. Увы, с появлением кобылицы произошла некоторая модернизация его возможностей: Конек-Горбунук стал решать проблему недостатка ресурсного обеспечения семьи. Дальше – больше: последовала новация быта, так



1
Цикл развития «Норма – новая норма»

Таблица 1.
Градации принятых решений по степени их инновационности

Стратегия поведения	Названия изменений идентичности	Степень изменений
Сохранение существующей нормы	Сохранение (норма)	Практически нет. На уровне статистической погрешности
Изменение существующей нормы	Модернизация	На проценты и десятки процентов
Создание новой нормы	Новация	В разы и на порядок
Закрепление новой нормы	Смена (инновация)	Переход в качественно иное состояние

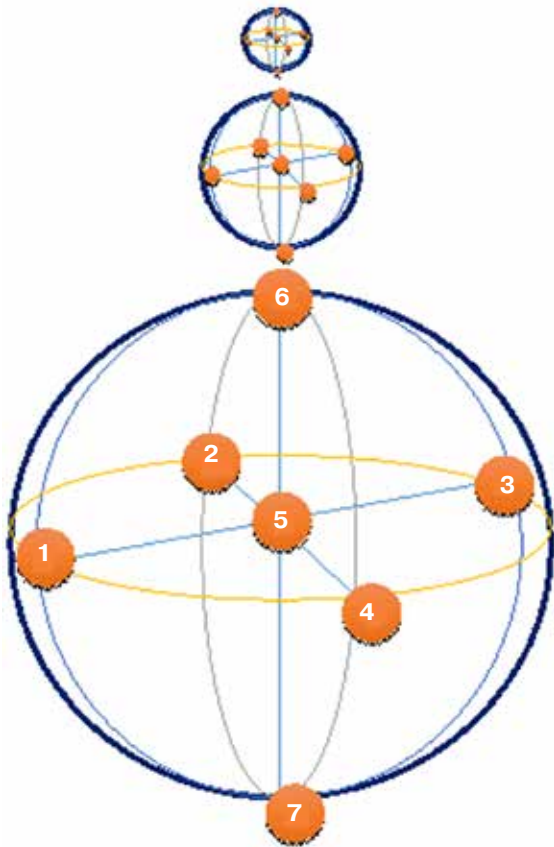
как Иван стал царским конюшим. Ну а в завершении инновационного процесса Иван перешел в принципиально иное состояние: оказался в статусе царя и мужа царь-девицы.

Бывают и другие варианты развития событий, причем с точки зрения некоторых персонажей они могут оказаться патологическим. Вспомним печальную судьбу прежнего царя-старика, который пожелал похоронить и жениться. Он-то рассчитывал волшебным образом совершить свой инновационный рывок: поменять статус, выйти на качественно иной уровень. Но, увы, не осознал всех сложностей движения путем инноваций. Ведь способ, который ему подсказала царь-девица, был одноразовым. Не задумываясь над этим обстоятельством, царь передал право на внедрение инновации Ивану, который и перешел на новый уровень. А у царя оказалась уже использованная инновация. Естественно, что с ее помощью он никакого нового уровня уже достичь не мог и закономерно безвозвратно свалился в кипяток.

Эти примеры показывают, что управленцу очень важно соответственно ситуации понимать, как он станет оценивать полученный при преобразованиях результат. Ведь приращение ресурсов после проведенных изменений должно быть существенно положительным. Иначе не удастся обеспечить успешное продолжение жизни социума как объекта управления в новых условиях. Возьмем повесть Юрия Олеши «Три Толстяка». Оба описанных там исхода плохи. Первое восстание народа закончилось разгромом и десятью плахами для зачинщиков, однако в результате общество не перешло на другой уровень. Второе восстание оказалось на первый взгляд успешным – эйфорией и бесконечными шоу с танцами. Но это не может продолжаться бесконечно – отобранные у толстяков ресурсы когда-то закончатся, а с ними закончится время танцев и придется поработать. Получается, что общество находится в неустойчивом состоянии, оно может легко провалиться в патологию, деградацию, проскочив в процессе падения некую новую, качественно более высокую, чем при Трех толстяках, норму (см. таблицу).

Фрактальная атомарная модель социума

Во многих сказках для пристального рассматривания будущего, да и настоящего, используется магический кристалл. На самом деле, его вполне под силу соорудить каждому. Более того, специалисты по управлению социумом его давно сделали. Только назвали по-другому. А именно «фрактальная контентная сетка в виде сферы». В ней заложен семантический дифференциал (на рис. 2 это узлы 6-7): формальная власть – неформальная власть и цикл (на рис. 2 это узлы 1-2-3-4) «образование и культура – наука – производство – предпринимательство». В норме по этому магическому кристаллу текут живые реки ресурсов – денежных, товарных, идеологических, политических, причем текут равномерно, нигде не накапливаясь, обеспечивая гармоничное сосуществование всех этих, в общем-то, конфликтующих сторон. Например, власть (6) справедливо перераспределяет национальный продукт, подкармливает деньгами – своими или



2

Магический кристалл. Фрактальная атомарная модель социума

предпринимателей (4) через перераспределение прибыли – образование и культуру (1), то есть, интеллигенцию, чтобы она не генерировала антиправительственные идеологии. Предприниматели (4) поддерживают науку (2), которая обеспечивает рост производства (3), а занятые на нем рабочие получают достойную заработную плату, которая обеспечивает их потребности в образовании и медицинском обслуживании. В результате сектор культуры и образования (1) получает денежные средства из независимого от властей источника. Политические партии, общественные движения, средства массовой информации – неформальная власть (7) – обеспечивая общественную симфонию, корректируют действия формальных властей ко всеобщему благу. Даже преступные элементы, входящие в состав неформальной власти, получая свою долю пирога, обеспечивают справедливый порядок не по закону, а по понятиям.

Вспомнив физику, легко понять, что формальная власть вовсе не должна стягивать на себя все ресурсы, хотя она и имеет такие возможности. В этом случае центр тяжести окажется наверху и кристалл может легко перевернуться под действием гравитации. Для устойчивости центр тяжести должен располагаться в районе центра кристалла или немного ниже. Как этого достичь? Перераспределением финансовых и политических ресурсов через структуры неформальной власти – партии, профсоюзы, благотворительные фонды. Однако чрезмерное смещение центра тяжести так же чревато – в пространстве сказочного царства, строго говоря, неизвестно, где верх, а где низ, да и гравитация – какая-то внешняя сила – сегодня тянет в одну, а завтра в другую сторону. Поэтому чрезмерно сместив центр тяжести кристалла в сегодняшний низ, может оказаться, что это потяжелел завтрашний верх, и тогда кристалл опять-таки перевернется к неудовольствию социума. Перегружение ресурсами какого-то бокового узла так же ничего хорошего социуму не несет, а только нарушает общую симфонию.

Выпадение из модели хотя бы одного узла порождает эталонные патологии для всего социума. Например, недофинансирование науки со стороны формальной власти ведет к ее смещению в сторону другого источника ресурсов, например, бизнеса. Однако, наука, сосредоточенная целиком на обслуживании бизнеса, становится опасной – берется за неэкологичные разработки, которые могут обеспечить корпорациям сверхприбыль. Это вовлекает в конфликт науки и власти третью сторону – общественных активистов, что еще сильнее нарушает равновесие социума. Обратная ситуация со смещением науки в сторону власти ведет к тому, что она начинает заниматься вопросами, никоим образом с промышленностью не связанными. Если же наука смещается в сторону неформальной власти, то она от безысходности может начать обслуживать своими знаниями криминальные или радикальные элементы: на улицах появятся бомбисты, самодельные дроны, а агрономы и химики станут обслуживать производство наркотиков. «Троянское обучение», подстроенное под правящую идеологию, будет учить совсем не тому, что реально требуется на производстве; это породит проблемы в промышленности. Слабо развитая технологическая база предприятий, низкая квалификация персонала ведет к некачественной продукции и, далее, к отсутствию долгосрочных инвестиций: капитал омертвляется в виде сокровищ – соответствующие каналы на магическом кристалле перестают переливаться светом от текущих по ним энергий. Слабые или коррумпированные формальная и неформальная власти порождают ценностные и целевые перекосы, ведут к возвышению маргинальных групп со своими понятиями о справедливости, и это может перевернуть магический кристалл; при этом социум переживает состояние хаоса. На магическом кристалле прекрасно проявляются и вихреобразные процессы, ведущие к прогрессу или деградации. Например, низкий уровень науки порождает некачественное образование, которое порождает неэффективное управление и за ним – некачественное производство. Следствие – низкая ликвидность произведенной продукции, что порождает снижение уровня финансирования науки и переход на следующий виток нисходящей спирали.

Интересно, что у каждого из семи узлов можно найти аналогичную структуру. Именно поэтому магический кристалл самоподобен. Например, внутри и формальной и неформальной власти (узлы 3 и 7) можно обнаружить научные (группа аналитиков), образовательные (отдел пропаганды), производственные (изготовление документов – изготовление бомб), предпринимательские (освоение тайных фондов – экспроприации), жизнеобеспечивающие подразделения, проявления формальной (партийный лидер) и неформальной (серый кардинал) власти. Свойство фрактальности модели социума существенно упрощает процессы калибровки и масштабирования при описании сложнейших проблемных ситуаций самого разного типа: для взаимоотношений личностей, групп, организаций и даже стран.



Толстяки в кристалле

Посмотрим сквозь этот магический кристалл на персонажей повести «Три Толстяка». Вот как выглядят имеющиеся на нем узлы и связи между ними.

Наверху находится формальная власть. Она, очевидно, принадлежит Трем Толстякам, скорее всего регентскому совету при малолетнем наследнике Тутти. У них есть ресурсы. Организационный – органы госуправления, силовой – гвардия, финансовый – государственная казна.

Снизу расположена власть неформальная. Она описана весьма скудно – в государстве Трех Толстяков нет ни религии, ни СМИ, ни политических партий или профсоюзов. Зато есть какие-то таинственные бунтовщики во главе с профессиональным революционером – оружейником Просперо. Он прямо признается: «Пятнадцать лет я учил народ ненавидеть вас и вашу власть. О, как давно мы собираем силы! Теперь пришел ваш последний час...». А еще есть представитель маргинальной интеллигенции – канатоходец Тибул. Почему он маргинал? Потому что находится на дне социума – играет в бедном передвижном театре, редко ест досыта. А почему интеллигенция? Потому что она формулирует и распространяет в народе идеологемы. В данном случае, антиправительственные.

Система образования и культуры состоит из трех секторов. Во-первых, это учителя наследника Тутти, верные слуги Трех толстяков, главным же из них, видимо, следует считать учителя танцев Раздватрикса. Именно он чуть было не разрушил всю революционную интригу, тайно возвратив во дворец случайно найденную куклу наследника. Власть учителям платит, но, как видно, относится к ним брезгливо. А общественного образования нет. В его качестве, как видно, выступает Тибул. Естественно, что будучи оппонентом власти, от которой ничего хорошего не видел, он учит людей совсем не тому, что нужно Трем Толстякам. А еще есть группа творческой интеллигенции, финансируемая формальной властью – циркачи, которые за деньги должны отвлекать народ от печальных мыслей. Эта группа проявляет себя во всей красе во время погони за Тибулом. Получается, что сектор образования и культуры расколот непримиримыми противоречиями: генерируемые им идеи взаимно отрицают друг друга.

Наука в государстве находится в не менее сложном положении, чем культура. Судя по всему, она нисколько не востребована промышленниками, но время от времени ее замечает власть – формальная и неформальная. Три Толстяка требуют от науки решения своих и только своих частных проблем – вставить железное сердце наследнику, изобрести живую куклу или ее починить. После выполнения задачи о науке забывают. Тибулу также нужны услуги науки – от гвардейцев он скрывается, превратившись стараниями доктора Гаспара в негра. В отличие от культуры, науку боятся. Нелепое требование доктора Гаспара — в награду за «починку» куклы отпустить бунтовщиков — выполняется. С другой стороны, хранящего страшную тайну Тутти доктора Туба держат в

зверинце, местном аналоге «шарашки» – будь у Толстяков потребность в техническом прогрессе, Туб там чего-то изобретал бы. В то же время есть чрезвычайно востребованный ученый – зоолог, смотритель того самого зверинца, где заперт доктор Туб. Он, в отличие других ученых, получает от власти постоянное финансирование и ей вполне лоялен.

Промышленность в государстве представлена теми же самыми Тремя Толстяками, которые, очевидно, монополизировали все отрасли. Об этом прямо сказано в повести: «Мы, Три Толстяка, сильны и могущественны. Всё принадлежит нам. Я, Первый Толстяк, владею всем хлебом, который родит наша земля. Второму Толстяку принадлежит весь уголь, а Третий скупил всё железо. Мы богаче всех! Самый богатый человек в стране беднее нас в сто раз. За наше золото мы можем купить всё, что хотим!» Между прочим, они готовы в качестве торта съест любого представителя малого бизнеса вроде торговца воздушными шарами. И судя по контексту, никто не решится им в этом деле помешать. Слившись с формальной властью, защищенные всеми ресурсами государства, толстяки-промышленники, фактически присваивают себе результат производственной деятельности, обрекая большую часть социума на нищету. При этом присвоенные ресурсы они тратят крайне нерационально – на контроль над наследником Тутти и на удовлетворение собственной утробы. Невостребованность науки, маргинализация культуры, стагнация производства их совершенно не заботит.

Видимо, лишённые финансирования ученые, тот же доктор Гаспар, не сделали для них магический кристалл. В нем бы толстяки увидели зеркальную по отношению к себе и весьма грозную картину: лишённые ресурсов рабочие сростаются с неформальной властью так же плотно, как они сами – с формальной.

Из этого описания хорошо видно, что магический кристалл Трех Толстяков совершенно патологичен. У него выпали два узла, разрушены горизонтальные связи, а вертикальные находятся под действием чудовищных напряжений, разрывающих соответствующие узлы, да и весь социум. При этом формальная власть перегружена финансовыми, а неформальная – идеологическими ресурсами. Ни о какой гармонии говорить не приходится, линии разлома формируются во всех стратах общества, начиная от безобидных поварят и до гвардии. Именно распад силового ресурса власти — переход части гвардии на сторону неформальной власти — сразу же обрушивает ситуацию: возникает ситуация двоевластия и вскоре магический кристалл опрокидывается – неформальная власть становится формальной. А совершив Толстяки маневр своими ресурсами, предложи доктору Гаспару создать магический кристалл и, глядя в него, дали бы богатый театр Тибулу и его друзьям, вернули права сестре Тутти — Суок, заплатили долги семей гвардейцев, глядишь, все бы и обошлось.

Заключение

«Сказка ложь, да в ней намек — добрым молодцам урок». Освоение предложенного в статье инструмента, проработка полей проблем, обеспечение сбалансированного протекания ресурсных потоков (это время, территории, физические материалы и энергии, люди, информация, технологии, мотиваторы человеческой деятельности) повысит системность и методологическую компетентность ответственного руководителя для обеспечения синергетичности изменений на любом уровне, в том числе и царском.



Карло Ровелли
 Семь этюдов по физике
 Перевод с английского:
 Алёна Якименко
 М.: Corpus, 2018



КНИГИ

Карло Ровелли — физик-теоретик, один из создателей теории петлевой квантовой гравитации, автор научно-популярных книг. «Семь этюдов по физике» стали бестселлером номер один в Италии и переведены более чем на сорок языков. Ровелли кратко и красочно рассказывает о Вселенной, о том, как физика XX века преобразила наше знание о мире и какие вопросы еще предстоит разрешить. «Семь этюдов по физике» — окно, через которое даже неподготовленный читатель может взглянуть на теоретическую физику.

Александр Панчин
 Защита от темных искусств
 М.: Corpus, 2018



Эта книга об экстрасенсах и биолокации, астрологии и магии, демонах и кошмарах, левитации и телекинезе, свободе воли и чтении мыслей, смертельных проклятиях и целительстве, выходе из тела и ауре, смерти и воскрешении из мертвых и еще о многом другом, что связывают с миром паранормальных явлений. Перед вами научно-популярный рассказ об исследованиях всего мистического и о причинах, по которым вера в сверхъестественное столь привлекательна для многих людей.

Ник Лейн.
 Вопрос жизни
 Перевод с английского:
 Ксения Сайфулина,
 Матвей Колесник
 М.: Corpus, 2018



Два с половиной миллиарда лет жизнь оставалась простой и предсказуемой. Затем — единожды за все время существования Земли! — одноклеточные организмы совершили прыжок к сложности, и жизнь стала такой, какой ее знаем мы: пестрой и поразительной. Как и почему произошла эта перемена? Известный английский биохимик и популяризатор науки предлагает радикально новый взгляд — «самую парадоксальную биологическую идею со времен Дарвина» — на процессы, лежащие в основе жизни и смерти.

Сванте Пэбо
 Неандерталец.
 В поисках исчезнувших геномов
 Перевод с английского:
 Елена Наймарк
 М.: Corpus, 2018



Шведский генетик Сванте Пэбо давно лелеял мечту, казавшуюся несбыточной: выделить ДНК из египетских мумий. Юношеская одержимость повела его тернистым путем — через мучительный научный поиск, борьбу за чистоту экспериментов и интеллектуальную честность, дипломатические маневры и бюрократические войны... И завела намного дальше в глубину веков, к прочтению неандертальского генома. «Неандерталец» — не только увлекательный рассказ о сенсационном прорыве, но и документ, фиксирующий важную веху в истории науки: становление палеогенетики, новой дисциплины, позволяющей методом исследования древних ДНК восстанавливать картину эволюции нашего вида в таких подробностях, о каких мы раньше не смели и мечтать.

Матвей Бронштейн
 Солнечное вещество
 М.: Corpus, 2018



Матвей Бронштейн, расстрелянный в 1938 году, по словам историка науки Г. Е. Горелика, — «наименее известный из наиболее замечательных российских физиков». Важнейший его вклад в науку — глубокое исследование проблемы квантования гравитации, одной из важнейших для современной фундаментальной физики. Также он занимался космологией, астрофизикой, теорией полупроводников. Матвей Бронштейн внес вклад и в научно-художественную литературу. Он написал научно-популярные книги по физике «Строение вещества» и «Атомы, электроны и ядра», а также повести для детей «Солнечное вещество», «Лучи икс», «Изобретатели радиотелеграфа», вошедшие в эту книгу. Вторую ее часть составляют свидетельства о жизненном и литературном союзе Матвея Бронштейна и Лидии Чуковской, благодаря которому родились собранные в книге повести.

Подробности на сайте издательства:
<https://www.corpus.ru/>

Я посею лен-конопель?

Одно из древнейших культурных растений — конопля. В Китае ее выращивали еще за 4000 лет до н. э. Это источник устойчивых к гниению текстильных волокон и маслянистых маленьких семян. Семена съедобны, масло полезно и хорошо хранится. Из конопли можно делать бумагу, что помогло бы сохранить леса. Мы писали об этом замечательном растении (см. «Химию и жизнь» 2002, 6). К сожалению, конопля скомпрометировала себя как психотропное средство и во многих странах оказалась вне закона. Что ж, есть у нас и другие волокна, и маслянистые растения, и даже наркотики. Но как лекарственное растение коноплю во многих случаях заменить нечем.

В медицинских целях можно использовать три вида конопли или, по мнению некоторых специалистов, три подвида одного вида — конопли посевной *Cannabis sativa*. Родом она из Центральной Азии. В умеренных широтах однолетняя посевная конопля успевает вырасти до четырех метров и выше. Ее крупные листья состоят из длинных, узких пластинок. Цветет она в августе — сентябре, когда дни укорачиваются.

Индийская конопля *C. indica* гуще, приземистее и темнее посевной, ее зелень отлиывает голубизной, листовые пластинки шире. Это вьющееся растение с пирамидальной кроной растет в жарком климате. Ее родина, по-видимому, Афганистан, но Жан Батист Ламарк, описывая растение, получил образцы из Индии, поэтому назвал коноплю индийской. И наконец, сорная конопля *C. ruderalis* растет дичком и засоряет посадки культурной конопли. Обычно она невысока, иногда ветвится.

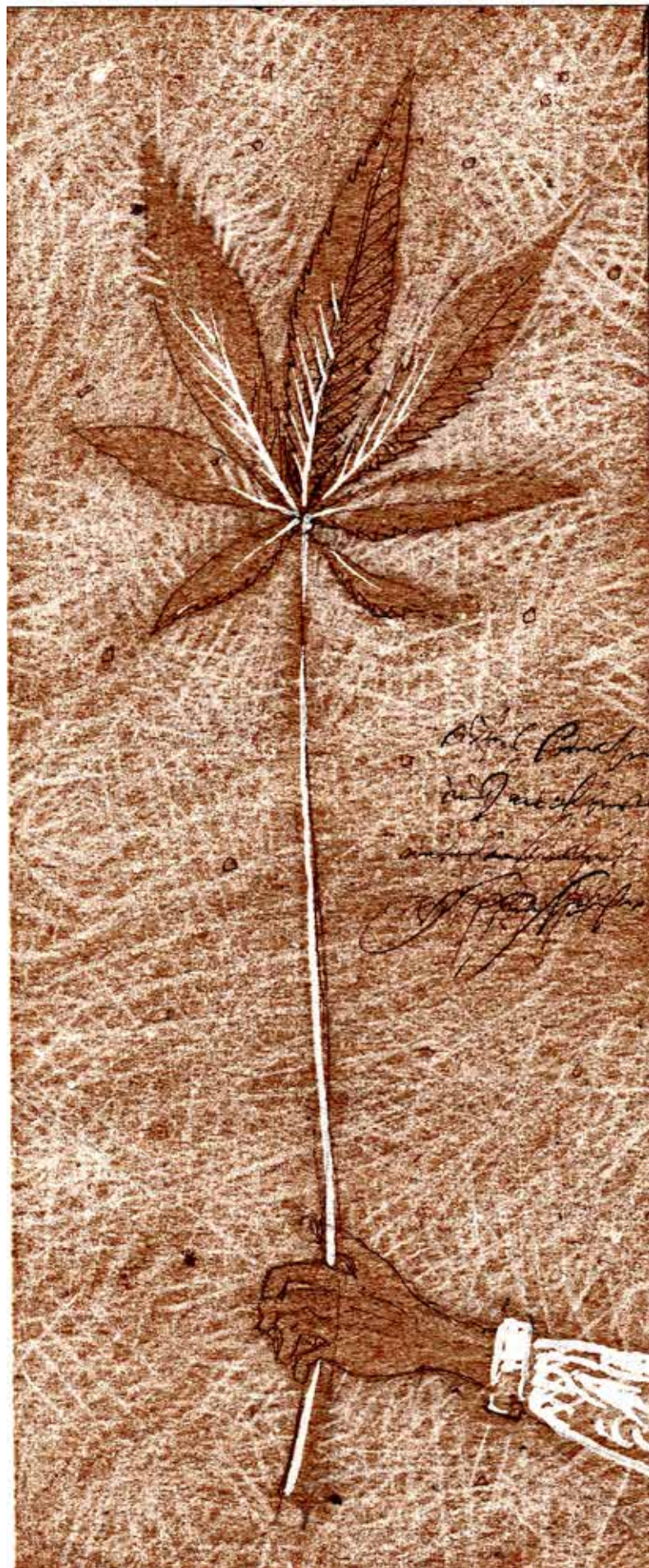
В Азии коноплю тысячелетиями использовали как лекарственное растение. В Китае ее применение связывают с именем Шэнь-нуна, легендарного покровителя земледелия и медицины. Ему приписывают авторство энциклопедии трав, созданной в XXVII веке до н. э., в которой упомянута и конопля. С тех пор ее используют при ревматических болях, запорах, малярии и других недугах. Позже знаменитый медик Хуа То (110—207), основатель китайской хирургии, применял винную настойку конопли для анестезии при хирургических операциях.

Китайцы использовали преимущественно семена, которые практически не содержат галлюциногенов, а в Индии — женские соцветия и верхние листья. Еще 3000 лет назад они служили обезболивающим, противосудорожным, снотворным и противовоспалительным средством. Коноплей лечили инфекционные заболевания, кишечные расстройства, изгоняли паразитических червей, она возбуждала аппетит и помогала при кашле. Возможно, этот список неполон.

В начале нашей эры коноплей стали лечиться на Ближнем Востоке. Оттуда растение попало в Африку, где его использовали даже при змеиных укусах. В XVI веке африканские рабы привезли семена конопли в Бразилию.

В Европе в это время коноплю выращивали преимущественно как текстильное растение. Ситуацию коренным образом изменили два врача. В 1839 году ирландский химик и медик Уильям Брук О'Шоннеси, работавший в Индии, опубликовал книгу «О приготовлении индийской конопли, или ганджи». В ней О'Шоннеси описал преимущественно противосудорожные и обезболивающие средства настойки из женских соцветий индийской конопли. В 1836 году французский врач Жак Жозеф Моро де Тур сопровождал своего пациента в путешествии по восточным странам. Там он заинтересовался действием конопли, начал исследовать ее препараты сначала на себе, а затем на своих студентах и в 1845 году написал книгу «Гашиш и душевные болезни: психологические этюды». О'Шоннеси изучал препараты конопли как терапевтическое средство, Моро де Тур — как психоактивное вещество, изменяющее состояние сознания.

В этих двух ипостасях конопля и вошла в западную медицину. Кульминация ее популярности приходится на конец XIX — начало XX века, когда многие химические лаборатории стали выпускать



экстракты или настойки конопли. Тогда ее применяли в трех областях: как снотворное и противосудорожное, в том числе при столбняке, эпилепсии, бешенстве и спазмах; как обезболивающее при самых разных недугах и как средство, улучшающее аппетит и пищеварение при многих желудочно-кишечных заболеваниях, в том числе холере и сахарном диабете.

Медики прописывали эти настойки всем подряд, невзирая на возраст. Препараты конопли стали второй по распространенности лекарственной субстанцией после опиатов. Однако в 1930-е годы применение конопли стали ограничивать. Прежде всего, активные вещества конопли (каннабиноиды) еще не научились выделять, поэтому невозможно было приготовить стандартные препараты. Пациент получал то слишком маленькую, то слишком большую дозу. Экстракты конопли, нерастворимые в воде, нельзя было использовать в виде инъекций. Лекарство приходилось глотать, а в кишечнике оно всасывается медленно и плохо. В результате коноплю вытеснили новые средства: барбитураты, противостолбнячная вакцина, морфин для подкожных инъекций. И наконец, многие страны стали запрещать препараты конопли из-за их психогенного действия. Запреты не помогли справиться с марихуаной, но конопляные лекарства исчезли.

В 1964 году израильские исследователи Йехиэль Гаони и Рафаэль Мешулам расшифровали химическую структуру дельта-9-тетрагидроканнабинола (9-ТГК) — основного активного вещества конопли, и медики заинтересовались терапевтическими эффектами отдельных каннабиноидов.

Это терпенофеноловые соединения, содержащие 21—22 атома углерода. Известно свыше сотни каннабиноидов. Они синтезируются в особых железистых волосках, расположенных преимущественно на женских цветках и, в небольших количествах на листьях верхней трети растения и защищают коноплю от вредителей. Другие растения, например цмин *Helichrysum* и мохообразные рода *Radula*, также синтезируют каннабиноиды, но вообще об этих соединениях вне конопли известно очень мало.

9-ТГК обладает потенциальным противовоспалительным, обезболивающим и противосудорожным действием. Однако у него есть побочные эффекты: тревога, дефицит ацетилхолина и иммуносупрессия. Длительное употребление 9-ТГК связано с повышенным риском привыкания, когнитивными нарушениями и другими неприятными последствиями. Второй по значению каннабиноид — каннабидиол (КБД) психотропных свойств не имеет. Он подавляет рост микробов и грибов, а также ослабляет побочные эффекты 9-ТГК и делает экстракты конопли более безопасными. Третье по значению соединение, каннабихромен, — главным образом противовоспалительное, успокаивающее, обезболивающее, антигрибковое и антибактериальное соединение.

Эти эффекты возможны благодаря взаимодействию с эндоканнабиноидной системой организма. Ее рецепторы CB1 находятся в клетках центральной нервной, желудочно-кишечной и репродуктивной систем, а также в иммунных клетках, сердце, легких, мочевом пузыре. Рецепторы CB2 предположительно модулируют активность иммунной системы и цитокинов. Обычно с ними связываются пептиды анандамид (этаноламид арахидо-



ПАНАЦЕЙКА

новой кислоты) и 2-арахидоноил-глицерол, которые регулируют аппетит, чувствительность к боли, настроение, память, воспаление, чувствительность к инсулину, метаболизм жиров и энергии. Каннабиноиды также взаимодействуют с этими рецепторами, преимущественно с CB1, вызывая сходный эффект.

Всем, конечно, интересно, сколько каннабиноидов в посевной конопле. Это зависит от типа конопли: лекарственная она или волокнистая, а также от возраста, сорта, условий роста (питания, влажности, освещенности), времени сбора, условий хранения и хемотипа растения. Хемотип определяют по соотношению 9-ТГК и КБД. Оно постоянно и зависит от генетических факторов. В лекарственных растениях заметно преобладает первое вещество, в текстильных — второе.

Биоактивных соединений в конопле более 540. Помимо каннабиноидов конопля богата флавоноидами и терпенами, которые также синтезируются в железистых волосках. Более сотни терпенов обеспечивают запах и вкус разных сортов конопли. Терпены помогают 9-ТГК проходить через гематоэнцефалический барьер и регулируют его способность связываться с CB1. Флавоноиды тоже влияют на активность каннабиноидов. О взаимодействии 9-ТГК и КБД мы уже говорили. А вот и другой пример: КБД снижает потребление пищи, а каннабинол, напротив, увеличивает аппетит. Различные молекулы влияют на биодоступность друг друга и способность проникать через клеточную мембрану, и препараты из конопли действуют не так, как отдельные каннабиноиды.

В последние десятилетия интерес к конопле снова вырос. Каннабиноидные препараты официально применяют для стимуляции аппетита у больных, зараженных ВИЧ; как средство от тошноты и рвоты у больных раком, которые проходят курс химиотерапии (ни одно другое средство не избавляет их от тошноты); как обезболивающее при рассеянном склерозе.

Скорее всего, лекарственное действие конопли еще шире, однако не следует считать ее панацеей. У детей, которые подвергались действию 9-ТГК в утробе матери, наблюдаются постоянные поведенческие и когнитивные проблемы. У подростков регулярное употребление 9-ТГК вызывает повышенную тревожность, и они чаще обращаются к этому веществу во взрослом возрасте. Этот каннабиноид снижает подвижность сперматозоидов и мужскую фертильность и увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. Зато для пожилых людей конопляные препараты безопасны, более того — незаменимы.

Это лекарство чуть ли от всех возрастных недугов: дурного настроения, тревоги, бессонницы, болей, плохого аппетита, нарушения пищеварения и сахарного диабета. Конопля заметно улучшает качество жизни пожилых людей, не вызывая побочных эффектов.

Начинается новый цикл медицинского использования конопли. Очевидно, он будет качественно иным: структуры химических соединений известны, молекулярные механизмы их действия активно изучают, эффективность и безопасность научно доказаны.

Сейчас во многих странах пересматривают законодательство, чтобы конопляные лекарства можно было принимать, но пройдет еще, видимо, немало времени, прежде чем коноплю начнут использовать в полную силу.

Н. Ручкина



Художник П. Перевезенцев



Старик и Тетис

Андрей Лободинов



ФАНТАСТИКА

В кубанской станице начинался один из тех долгих дней середины лета, когда торопиться особо некуда.

— Улитка! — К старику подбежала внучка Янка, протягивая ему причудливо закрученную окаменевшую раковину аммонита. — Камень-улитка!

— Где нашли? — спросил старик, рассматривая диковинные завитки.

— В бахче, прямо под кавуном, — ответила Янка.

— Во времена Потопа тут был окиян, рыба-кит в воде плескалась, а над ней ковчег Ноя плыл, — степенно начал рассказывать старик.

— Ага. — Быстро выхватив ракушку, девочка убежала хвастаться дальше. Она уже слышала это, поскольку раковины находили здесь нередко.

Янку пока баловали, хотя уже скоро начнут брать на покос и другие работы.

Старик же отправился на охоту. Это было его любимое времяпрепровождение. Ходил он обычно к холмам, среди которых выступали скальные породы.

Пока еще безымянная, просто Скала, выделялась среди невысоких изумрудных холмов. Старик использовал ее в качестве ориентира. Но до самой скалы не поднимался. Что за глупость — лезть в гору?

Так рассуждали и другие станичники, прокладывая из молодой станицы тропки в лес да к реке. Дрова, охота, рыбалка, а на скале что? Ну, может, земляника рядом растет, так ее и ближе хватало. Была бы угроза со стороны горцев, в миг бы до скалы добрались — там подходящее место для сигнальной вышки. Живо лезли бы наверх, и глаз с округи не спускали бы, мысленно хмыкал старик, вспоминая молодость, когда война с горцами полихала вовсю — десятками тревожных огней на сигнальных вышках.

Теперь же, когда горцев почти умили, станица, находясь в тылу линейных поселений, позволяла себе некоторую беспечность.

Подстрелив перепелку, старик лег отдохнуть в тени алычи. Вдали грохотал гром, небо над горизонтом подернулось дымкой, где-то там хлестал ливень. Старик подобрал более-менее целый плод из мелкой падалицы, сдул с него муравья, съел, поморщившись от легкой кислинки, и выбросил косточку в траву. Подумал о том, кто посадил это дерево, мысленно поблагодарил его. А ведь в молодости разве что ругнулся бы из-за кислятины.

Клонило в сон. С ним теперь это бывало часто. Чуть что, уставал, дремал на солнышке. Жинка беззлобно ворчала, чего никогда не позволила бы себе в молодости, когда он умыкнул ее, молодую и красивую, у горцев.

А по ночам старик, наоборот, часто просыпался. Во сне к нему приходили товарищи, которых он схоронил во время войны с турками и «дел» с горцами. Вели неспешные беседы о былом. Когда старик просыпался, щемило сердце.

Бывало, он видел и тех, кого убил. Их было немало. Они смотрели на старика без угрозы или укора, равнодушно — ведь если бы не он их, то они его... но сердце поутру ныло особо. Не от страха и не от раскаяния, а от несправедливости этого мира — если не ты, то тебя.

В последнее время сердце не давало старику забыть о себе. В молодости его биения не замечаешь, а в старости прислушиваешься все чаще.

Старик перевел взгляд на белевшую среди густой зелени скалу. Вспомнив о находке внучки, впервые задумался, как эта скала выглядела среди моря во времена библейского потопа.

Многие годы, день за днем, старик смотрел на эту одинокую скалу, но никогда не поднимался к ней. Вот так живешь, добываешь себе и детям своим хлеб насущный, себе еще и глоток доброго вина... а где-то там духмяные нехоженые травы, и нагретая солнцем скала, и выше нее — только небо.

От идущего неподалеку ливня жара, казалось, отступила.

Старик поднялся. «Совсем сдурел на старости лет, куда тебя несет?» Отряхнув бешмет и поправив ружье на плече, упрямо начал подъем. Национальное казачье упрямство давало о себе знать, даром что седой уже.

Склон зарос непролазным терновником, пришлось идти по густой траве вдоль кустов терна до небольшого леска, занимавшего балку справа от скалы. Там, в тени вековых деревьев, терн не рос, его сменил кизил, но довольно редкий, идти стало легче. Деревья справа примыкали почти к самой скале. Переведя дыхание в тени деревьев, старик вскарабкался на скалу и изумленно присвистнул — вид открывался потрясающий. Самой станицы видно не было, лишь пара дымков выдавала ее местоположение. Среди леса, то скрываясь за деревьями, то блестя на солнце, змеилась Кубань. Лес у реки станичники прозвали Светляковым — первые поселенцы забрели в глубь леса в середине лета и, запозднившись, увидели вечерний лет светлячков, который длится всего-то пару недель. Старик тогда был ребенком.

Видами старик любовался недолго, огорченно цыкнув, — дождь явно уходил в сторону от его станицы. Высаженным этой весной виноградным чубукам хороший ливень бы не помешал.

Рассматривая скалу сверху, старик увидел едва заметный вход в пещеру или грот. Туда вела узенькая скальная полка. Если бы о пещере узнали станичные мальчишки, сюда бы началось целое паломничество. Хорошо, что далековато от станицы — не ровен час, кто-нибудь навернулся бы со скалы. Поколебавшись, старик полез в пещеру. В одном месте пришлось ползти на четвереньках, чтобы не стукнуться головой. Наконец он вошел внутрь грота, перешагивая через помет летучих мышей.

Тоннель вел довольно глубоко, по бокам он был изрезан небольшими карстовыми полостями, а по правую руку ответвлялся боковой проход. Пробираясь по пещере прямо, старик уперся в узкий ход, который вывел его в тоннель, где он уже был. Это оказалось то самое боковое отверстие. То есть пещера образовала петлю. Старика ничего не оставалось, как направиться к выходу.

Снаружи раздавался мерный шум. Старик ощутил резкое головокружение — схожее было, когда он во время одного из «дел» с горцами оказался высоко в горах.

А когда старик вышел из пещеры, в лицо ему неожиданно хлестнули прохладный воздух и соленые брызги.

Вокруг скалы расстилось море. Бушевал прибой, белела пена, а затем — темная вода, на горизонте переходившая в серое небо. Волны мерно катились, сколько хватало взора, и упорно обрушивались на скалу, словно желая сокрушить ее. Но старик уже знал, что скала выстоит.

Собравшись с мыслями после удивительного открытия, он понял, что оказался на скале в те далекие дни, когда она была среди океана, от которого и оставались окаменевшие морские раковины в земле.

Старик прикинул, что если от сотворения мира по Библии прошло, считай, семь с половиной тысяч лет, а потоп был спустя две тысячи лет от сотворения мира... если так, то выходило, что старик перенесся на пять тысяч лет назад.

Впрочем, расскажи ему кто, что года исчисляются не тысячами, а миллионами, а вокруг него бушует еще совсем молодой первобытный океан Тетис, старик едва ли удивился бы сильнее.

Присев на камень, старик изумленно смотрел на море. Быть может, он до сих пор спит под сенью дерева и это сон? Нет, точно не сон. А если он умер и сейчас на том свете? Вот эта мысль уже заставила старика сомневаться.

Старик озираясь, сам не зная, что хочет увидеть. Может, сидящего на скале ворона, которого Ной отпустил со своего ковчега перед голубем? Или орла, который летит клевать печень Прометею, прикованному к скале где-то здесь?

Небо было пустым. Море было пустым. Скала была безжизненной.

Старик вернулся в пещеру. Прошел по образованному пещерным тоннелем кругу, направился к выходу с замиранием сердца... перед ним расстились бескрайние поля, лес, дымки над станицей.

Старик снова направился в пещеру. Там снова было море. Опытным путем старик выяснил, что оказывается на берегу моря, только если пройти по кругу. Если еще раз пройти по пещере, возвращаешься в свое время. Если же вернуться из пещеры к входу с середины пути, то останешься в том времени, в котором был.

С той поры старик поднимался к пещере каждый день. Море покорило его. Он сидел на камне и смотрел на мерно катящиеся волны. Это примирило его с миром. Ему было явлено великое чудо, старик не знал, что с ним делать, он просто смотрел на море.

Спать старик стал крепче. Кашель, из-за которого он даже забросил свою глиняную трубку, — а значит, кашель ему и правда крепко досаждал — почти прошел. Вот голова по-прежнему сильно кружилась — этот перепад резко чувствовался еще в пещере.

Море каждый раз представляло разным. В тот, первый раз оно было еще не такое уж бурное. Однажды старика чуть

было не смыло в океан гигантской волной, едва он вышел из пещеры. Вдобавок бушевала гроза, и молния ударила прямо в скалу. Одурачивающий запах озона старик запомнил до конца своих дней. Он едва не оглох от грома, промок до нитки и расшиб колено о камень, после чего прихрамывал.

Хорошо еще, в его времени денек выдался погожий, и старик, приложив к колену подорожник, обсох на солнце перед возвращением в станицу. Так он избежал беззлобных шуток соседей и объяснений с жинкой.

На одежде остались кристаллики соли. Патроны, бывшие в газырях, старик тоже высушил, но позже пара из них дала осечку. Так древнее море спасло жизнь зайцу да жирной, низко летевшей куропатке, о которой старик особо досадовал.

В другой раз море оказалось совершенно недвижимым, словно зеркало в богатом курене. Таким старик его еще не видел. Вокруг царил немыслимый покой. Слезы благодарности навернулись на глаза старика. В тот день он сидел у моря особенно долго, созерцая заход солнца, следя, как его изначальный золотой цвет образует немыслимое множество оттенков. Вернулся домой затемно, с пустыми руками. Жинка, в молодости и пикнуть громко не смевшая, устроила ему нагоняй, старик отмолчался.

В следующий раз он взял на море удочку.

Посмотреть на диковинный улов сбежалась едва не вся станица.

— Что за рыба? Где поймал? — с азартом допытывали старика казаки.

— Места знать надо, — отвечал тот с загадочным видом. Потом решил, что особо темнить не стоит, дабы не привлекать лишнего внимания, и приврал: — На речном островке клюнула. Гутарят, что такие из моря на бой, на нерест то бишь, заходят даже редко.

Пойманная рыба выглядела чем-то средним между налимом и диковинной ящерицей.

Старик побоялся кого-то отравить. Хотел дать кошке для проверки, но та недавно окотилась, и старику вдруг стало ее жалко. Так что первым попробовал диковинную рыбу сам. Обошлось без последствий.

Делиться своим открытием с другими старик не спешил. Хотя подумывал взять с собой Янку или внуков постарше.

В один из дней старик увидел рыбу прямо на берегу, на скале выше кромки воды. Видимо, во время прибоя она оказалась в лужице в углублении скалы. Вода из лужицы испарилась, оставив лишь белый налет морской соли. Рыба трепыхалась, пытаясь вернуться в такое близкое, но недостижимое море. Старик некоторое время колебался. Рыба так отчаянно билась на камнях, так жаждала жить, что он хотел бросить ее в море. Отогнав глупую мысль — сам же с удочкой пришел, — он взял рыбу и направился домой.

Станицы не было. На ее месте рос дремучий лес.

Старик почему-то сразу понял, что станицы нет. Нет его хаты, нет сыновей на службе — они не сложили голову в бою, — их просто нет. Нет внуков и Янки.

Нет людей на Земле.

Старик сел и заплакал, словно ребяенок.

Подобранная на скале рыба дернулась. Она до сих пор была жива. А старик жил уже долго и обладал особой мудростью, которая приходит с годами.

Он бросился назад к пещере. Он бежал. Задыхаясь, надсадно хрипя, он карабкался вверх так быстро, как мог. Слишком быстро. У входа в пещеру прихватило сердце. Старик застонал, упал, ногтями царапая камень.

Упрямо пополз по пещере, казавшейся теперь бесконечной.

Наконец, увидел море. Солнечные блики резали глаза после темноты пещеры. Трясущимися руками взял рыбу и бросил ее в воду.

Постепенно сердце отпустило. Старик поднялся, пошатываясь, вышел из пещеры и побрел домой.

Станица вернулась.

Жинка, увидев бледного, подрыхлевшего в один день старика, ахнула. Уложила его, бросилась заваривать горные лечебные травы.

В пещеру старик вернулся лишь спустя три дня, когда жинка с причитаниями отпустила из хаты. В боковом коридоре обвалился потолок. Прохода по кругу больше не было. Моря, значит, тоже.

То самое чутье, которое подсказало старику вернуть рыбу в море, шепнуло ему, что расчищать проход бесполезно.

Это как с источником. Если его засыплет во время пыльных ветров с бескрайней степи, то родник зачахнет навсегда, «ослепнет», как говорили казаки. Даже когда ветра стихнут, его не откопать, как ни старайся. Может, появится где-то в другом месте...

К скале старик теперь поднимался изредка, просто чтобы посмотреть на окрестности. А вот рыбалки, и охоты заодно, стал избегать. Во всяком случае, как развлечения. Жизнь хрупка, старик не хотел кого-то ее лишать без особой нужды.

В один из дней к нему прибежала счастливая Янка с очередной окаменевшей ракушкой.

— Дед, а знаешь, что, если приложить ее к уху, можно услышать море? — спросила она.

Старик приложил ракушку к уху и долго-долго слушал.



!!!ПОДПИСКА!!!

Если вы по какой-то причине не сумели подписаться на почте, это можно сделать в редакции.

Есть три способа

— Зайти на наш сайт www.hij.ru, в раздел «Купить/подписаться», выбрать вид подписки, заполнить форму с адресом доставки и фамилией получателя журнала, а затем оплатить либо банковской картой через шлюз Сбербанка (выбрать верхнюю кнопку), либо электронными деньгами через сервис OnPay (выбрать нижнюю кнопку). При оплате картой зарубежного банка нужно выбирать сервис OnPay – Сбербанк такие платежи не пропускает.

— Если у вас есть карта Сбербанка, то вы можете зайти в Сбербанк-Онлайн и выполнить платеж на наш счет. Реквизиты – ниже, однако, скорее всего, вам понадобится только наш ИНН: 7701325151. Аналогично можно оплатить картой любого банка, войдя в соответствующую систему мобильного банка. После оплаты нужно обязательно прислать нам по электронной почте redaktor@hij.ru сообщение с датой оплаты, адресом доставки, фамилией подписчика, месяцем начала подписки. Если вы платите не за себя, это хорошо бы отметить, чтобы нам было проще идентифицировать платеж.

— Если у вас нет доступа к Сети и нет электронной почты, нужно прийти в Сбербанк с нашими реквизитами и сделать платеж с помощью операционистки. В этом случае нужно попросить ее указать в назначении платежа не адрес прописки и фамилию плательщика, но адрес и фамилию подписчика. И хорошо бы через месяц позвонить нам, уточнить, правильно ли оформлена подписка. Почему через месяц? Потому что сведения из бухгалтерии поступают в отдел подписки 25 числа каждого месяца.

Стоимость подписки на первое полугодие 2019 года

Бумажная версия с доставкой простым письмом по территории РФ: 1260 рублей.

Электронная версия: 360 рублей.

Пополняемый архив журнала с 1965 года по настоящее время с дистрибутивом на флеш-карте: 1600 рублей (1300 рублей при самостоятельном скачивании с нашего сайта).

Если вы хотите облагодетельствовать нашим журналом свою любимую библиотеку, не отказывайте себе в удовольствии – это можно сделать на сайте biblio.planeta.ru

Справки по телефону (495) 722-09-46 (с 11:00 до 18:00, вторник-четверг) или по электронной почте redaktor@hij.ru.

Реквизиты:

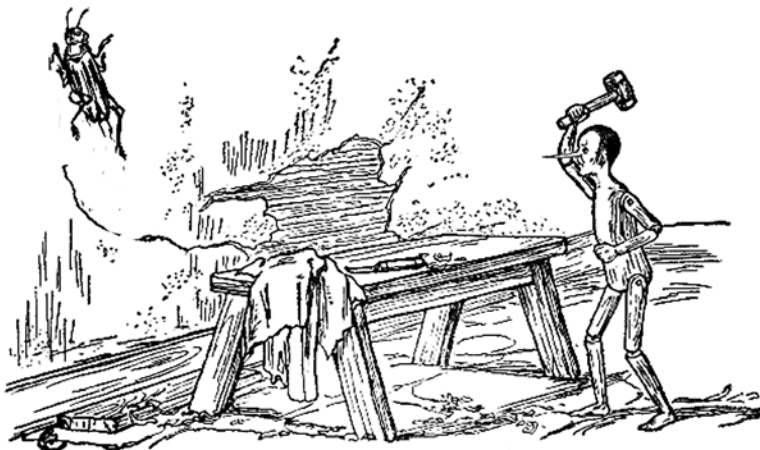
Получатель платежа: АНО Центр «НаукаПресс»,

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»





КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Наши бактерии любят сверчков

Насекомые — несъедобная гадость? В рот не возьмете саранчу, хоть сахаром ее облепи? Не берусь возражать, однако численность населения растет, манна небесная с неба не падает, глобальное потепление и другие экологические проблемы не упрощают задачу обеспечения продовольственной безопасности. Уже сегодня более двух миллиардов человек во всем мире регулярно употребляют в пищу насекомых. Все знают, что это ценный источник белка, витаминов, минералов и полезных жиров — самое время выяснить, есть ли в них что-то вредное.

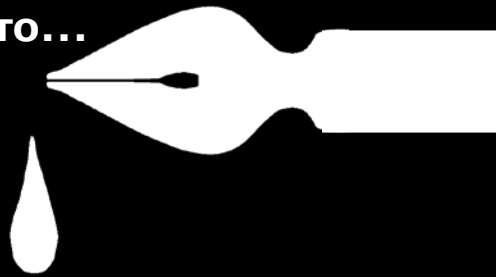
Новейшие исследования микробиомов установили, что мы никогда не едим в одиночестве — с нами вместе завтракает, обедает, ужинает и перекусывает бесчисленное множество кишечных бактерий. Важно понять, как они воспримут изменения в рационе. Например, вместо привычных пищевых волокон насекомые содержат хитин — понравится ли он бактериям? На этот вопрос отвечает исследование, опубликованное в журнале «Scientific Reports» (2018; 8, 10762, doi: 10.1038/s41598-018-29032-2).

В исследовании участвовали 20 здоровых мужчин и женщин в возрасте от 18 до 48 лет. Первые две недели они ели либо обычный завтрак, либо завтрак, содержащий 25 г муки из сверчков, добавленной в выпечку и напитки. Затем две недели обе группы питались обычными продуктами и еще на две недели менялись ролями — те, кто еще не ел сверчковую муку, теперь получали ее с завтраком, а кто ел — оставались на обычном рационе. Таким образом, каждый участник служил сам себе контролем. Исследователи на протяжении всего эксперимента не знали, к какой группе принадлежит каждый конкретный участник, и участники не знали, когда им доставался порошок из насекомых, а когда обычный завтрак. В образцах крови добровольцев определяли концентрации глюкозы, ферментов, связанных с функцией печени, и белка TNF-альфа — маркера воспаления. Исследовали также фекальные образцы. Никто из участников не почувствовал себя хуже во время поедания сверчков, биохимические показатели менялись в лучшую сторону, кроме того, увеличивалось количество полезных бифидобактерий в образцах фекалий!

Ведущий автор статьи, Валери Стулл из Нельсоновского института экологических исследований (Висконсинский университет в Мадисоне), говорит, что впервые попробовала насекомых в 12 лет. «Родители взяли меня в путешествие по Южной Америке, и нам подали жареных муравьев. Помню, как мне сначала было противно, но когда я положила муравья в рот, то очень удивилась, потому что он был на вкус как еда — хорошая еда!» Стулл, большая энтузиастка насекомоядения, напоминает, что еще недавно японские суши казались странной и неподходящей для европейца едой, а теперь горожане жить не могут без суши-баров. Может, наши внуки, путешествуя по стране, будут вздыхать: о-о-о, в этой дыре на краю географии даже сверчков не умеют жарить...

Е. Котина

Пишут, что...



...возможно, на Марсе есть подледное озеро жидкой воды шириной 20 км («Science», 2018, 361, 6401, 490—493, doi: 10.1126/science.aar7268)...

...создана база данных ABIN всех опубликованных наблюдений спутников астероидов — эти данные необходимы для моделирования динамики Солнечной системы («Астрономический вестник», 2018, 52, 3, 260—266, <http://www.sai.msu.ru/neb/nss/indexr.htm> и <http://nsdb.imcce.fr/obspos/>)...

...абсолютно неблагоприятные по климату территории в России практически исчезают («Известия РАН. Серия географическая», 2018, 3, 37—46)...

...редактирование геномов с помощью CRISPR-Cas9 может вызывать обширные делеции и геномные перестройки, затрагивающие многие тысячи нуклеотидов и потенциально патогенные («Nature Biotechnology», 2018, doi: 10.1038/nbt.4192)...

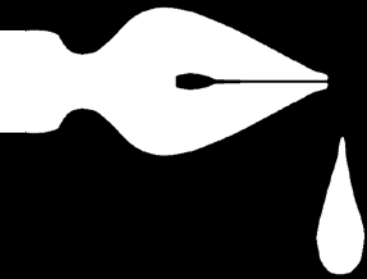
...проведено картирование магнитных частиц в человеческом мозгу, возможно отвечающих за магниточувствительность; этими частицами обогащены мозжечок и ствол мозга («Scientific Reports», 2018; 8, 11363, doi: 10.1038/s41598-018-29766-z)...

...при гравитационной разгрузке оптические иллюзии становятся сильнее, вероятно, из-за снижения уровня активации левого полушария и компенсаторного увеличения активности правого («Журнал высшей нервной деятельности», 2018, 68, 3, 313—326)...

...люди, страдающие ожирением, не только тяжелее болеют гриппом, но и дольше распространяют инфекцию («The Journal of Infectious Diseases», 2018; doi: 10.1093/infdis/jiy370)...

...предложен принципиально новый метод оценки запаха, основанный на способности собак устанавливать связь между сигналами разных модальностей, в частности, они могут отождествлять запах с абстрактным визуальным символом («Сенсорные системы», 2018, 32, 2, 145—153)...

...гугл-очки с функцией распознавания эмоций по выражению лица снижают



проявления аутизма у детей («Digital Medicine», 2018; 1, 32, doi: 10.1038/s41746-018-0035-3)...

...в Вайоминге, США, найдены фрагменты скелета ноги завропода, самой крупной на сегодняшний день (PeerJ, 2018, 6, e5250, doi: 10.7717/peerj.5250)...

...в геномах пигмеев индонезийского острова Флорес нет следов происхождения от миниатюрных древних гоминин *Homo floresiensis*, известных как «флоресские хоббиты» («Science», 2018, 361, 6401, 511–516, doi: 10.1126/science.aar8486)...

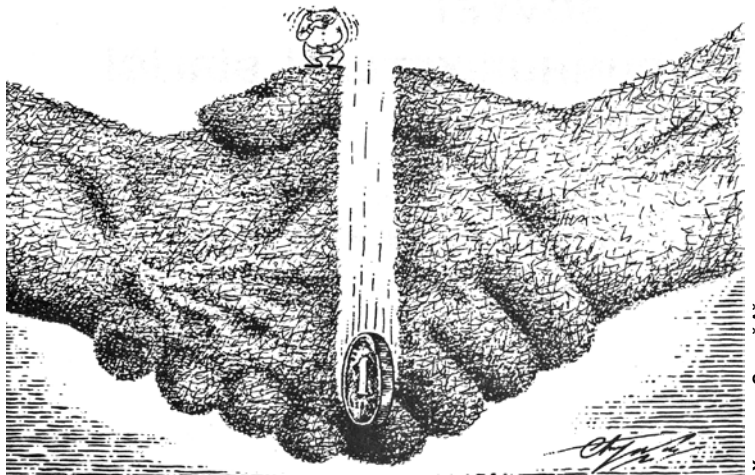
...эферы ортофталевой кислоты, более известные как продукты химического промышленности, загрязнители окружающей среды, подавляют способность фитопатогенов, которые вызывают болезни картофеля, образовывать биопленки («Доклады Академии наук», 2018, 480, 3, 381–383)...

...ветеринарная стоматология, в частности удаление молочных и проблемных зубов у лошадей, зародилась в монгольских степях около 1150 года до н.э. («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2018, 201721189, doi: 10.1073/pnas.1721189115)...

...по результатам раскопок 2012–2014 гг. собора Преображения в Твери восстановлен пространственный облик этого первого каменного храма, построенного после монгольского нашествия; полученные данные свидетельствуют, что здесь была продолжена линия Владимиро-Суздальского зодчества («Российская археология», 2018, 2, 148–161)...

...в Москве в 2000-е годы снизилась численность птиц, кормящихся пищевыми отходами, в частности потому, что люди стали выбрасывать мусор в контейнеры в целлофановых пакетах («Зоологический журнал», 2018, 97, 6, 701–711)...

...предложен новый общий фундаментальный принцип перемещения биоматериалов в полых органах, учитывающий локальную миогенную регуляцию, которая возникает из-за присутствия в таких органах гладкомышечных волокон и немышечных клеточных аналогов («Акустический журнал», 2018, 64, 3, 389–392)...



Художник Сергей Аннутинов

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

Грязный биткойн

Суть блокчейн-технологии в том, что формируются связанные цепочки блоков, хранящих некую информацию, причем сразу на большом числе компьютеров. Чтобы эту информацию подделать, надо пройти по всей цепочке, что практически невозможно: получается прекрасный способ борьбы с мошенничеством при обработке электронных данных. Сотрудники банков, госструктур, занимающиеся регистрацией прав на недвижимость, и многих других предприятий немедленно заинтересовались этой технологией.

Однако у публики наибольший интерес вызывает ее первое применение — создание криптовалюты под названием биткойн. Адепты биткойна подчеркивают, что их система анонимна, полностью децентрализована, лишена эмиссионного центра, и, таким образом, у человечества наконец-то появилась возможность выпутаться из цепких лап национальных правительств, которые своим валютным регулированием ущемляют экономические свободы. Что же касается отсутствия реального обеспечения криптовалюты, это не беда, ведь любые денежные знаки, хоть ракушки, хоть золотые монеты, хоть бумажные ассигнации, никогда не имели никакого обеспечения, кроме договоренности сторон. И действительно, криптовалюты — цепочки ноликов и единичек в памяти компьютеров — за несколько лет приобрели весьма высокую ценность.

Однако есть у технологии принципиальный недостаток: ее защищенность базируется на том, что процедура проверки данных в цепочках блоков требует больших затрат времени и ресурсов, в частности расхода энергии. При своем нынешнем объеме система потребляет энергии как целая страна, например Дания, а на одну успешную транзакцию — получение биткойна — идет столько же электричества, сколько на обслуживание одного частного дома в Великобритании. И расходы будут расти, ведь аппетиты добытчиков биткойнов — майнеров — не снижаются, а число операций с криптовалютой увеличивается. По меткому выражению доктора Джона Трабэ из Катарского университета в Дохе, первичный альтруизм превратился в жадность, усугубленную тем, что достаток от добычи криптовалюты достается одному, а грязь от операции делится на всех («Energy Research & Social Science», принято к публикации 7 июня 2018 года; doi: 10.1016/j.erss.2018.06.009). И это в момент, когда все сознательные обитатели планеты стремятся сократить бессмысленное расходование энергии и достигнуть в соответствии с Парижскими соглашениями к 2050 году экономики с нулевой эмиссией CO₂.

Выход, который предлагает Трабэ, таков. Поскольку эта технология весьма важна для ведения различных электронных реестров, не нужно от нее отказываться, но при совершенствовании необходимо найти менее энергозатратные способы. Что же касается майнеров, то либо они должны напрямую оплачивать утилизацию CO₂, выброшенного по их прихоти, либо придется обложить операции с криптовалютой спецналогом. Тогда уже общество станет чистить атмосферу от последствий страсти отдельных граждан к обогащению за счет операций в компьютере.

А.Мотыляев

«Химия и жизнь», 2018, № 8, www.hij.ru



А.В. БУСЫГИНУ, Санкт-Петербург: Чтобы очистить от нагара жало паяльника, разогрейте его и опустите жало в порошок нашатыря (хлорида аммония), делать это нужно в хорошо проветриваемом помещении.

С.С. МЕЛЬНИКОВУ, Томск: Название кубовых красителей объясняется тривиально: древнейшими из них, такими как индиго, ткани окрашивали в чанах — кубах.

М.П. КОРОТКИХ, Петрозаводск: Лариксол — компонент смолы лиственницы (от родового названия дерева *Larix*); про индивидуальную биологическую активность этого вещества нам ничего не удалось найти, но эфирное масло лиственницы считается целебным.

Е.В. СИМАКОВОЙ, Тверь: В качестве антистатика для мебели, уменьшающего осаждение пыли, можно использовать воду с добавлением лавандового эфирного масла или глицерина; чтобы на мебели не оставалось разводов, можно перед протиранием намочить тряпку в растворе и просушить ее.

В.В. ГУСЕВОЙ, Курск: Полипропиленгликоль в составе пропитки для влажных салфеток — увлажняющее вещество, растворитель и стабилизатор эмульсионной фазы, феноксизтанол — консервант, антибактериальный агент; вред этих веществ, если нет аллергии именно на них, неочевиден, а вот вред немытых рук науке хорошо известен.

АННЕ, письмо из Интернета: Вряд ли в рецепте ошибка; цветы банана (точнее, внутреннюю часть соцветий) действительно едят в сыром и жареном виде.

К.С., Москва: Черная водка уже существует, ее подкрашивают красителем кашу (катеху), добываемым из акации *Acacia catechu*; впрочем, название продукта, «Влавод», не очень-то подходит для русского рынка; создавайте свою технологию и дерзайте.

ПОДПИСЧИКАМ «ХИМИИ И ЖИЗНИ»: Если на почте вам не отдают наш журнал, попросите сотрудников хорошенько поискать — в заказных письмах, в письмах до востребования, в простых бандеролях; журнал обязан быть на почте в конце месяца либо в начале следующего.

О сомнительных постулатах

ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

Вопрос: откуда берется третий атом в молекуле озона? Выходит, при электрическом разряде-молнии часть устойчивых молекул O_2 распадается на атомы, а другая, не распавшаяся, присоединяет эти атомы? Тогда почему одна часть распадается, а другая нет? Далее: озоновый слой находится в верхних слоях атмосферы, тогда как молекулярный вес O_3 больше, чем у азота, и он должен стелиться по поверхности Земли. Все складывается, если принять, что после пропускания через воздух электрических искр-молний молекула O_2 расщепляется на неустойчивые одноатомные молекулы O .

Далее, известно, что и лампы ультрафиолетового облучения генерируют озон. Но там нет прямого контакта с кислородом воздуха, только через стекло колбы. Это означает, что потоки первоматерии с частотой спектра ультрафиолета расщепляют молекулы O_2 . Тут мы и подошли к формированию озонового слоя планеты! А все очень просто: никто не обращает внимания, что природой для защиты от жесткого космического излучения создания озонового слоя — используется это самое жесткое излучение!

Ю.Родякин

Вы глубоко заблуждаетесь, причем сразу во многих своих утверждениях. Атомарный кислород действительно образуется и в разряде молнии, и в стратосфере. Только он очень быстро вступает в реакцию, прежде всего с молекулой кислорода, создавая озон. Факт получения озона в этой реакции давным-давно доказан. Доказано, в частности, что объем газа при пропускании разряда сквозь кислород уменьшается. Это подсказывает, что молекула возникающего при разряде газа трехатомна. Действительно, у озона зафиксированы три вибрационные степени свободы, обнаружена сложная электронная структура, дипольный момент — одноатомный кислород устроен гораздо проще.

Почему же стратосферный озон, будучи тяжелым газом, не падает на Землю? Потому что он весьма горяч и для падения ему нужно время. А его не хватает — за несколько десятков минут озон распадается либо из-за фотолиза, либо из-за реакции с атомарным кислородом. Такой кислород оказывается в динамическом равновесии с озоном, однако не он в стратосфере главный.

Приземный озон также существует, он возникает вследствие воздействия солнечного света на продукты сгорания углеводородов, прежде всего бензина, и оказывается вредным загрязнителем атмосферы. Как выяснил на собственном опыте еще первооткрыватель озона Кристиан Фридрих Шёнбейн, этот газ малоприспособен для дыхания.

Приведенный вами в качестве примера опыт, когда озон возникает за пределами стеклянной ультрафиолетовой лампы, нехорошо тем, что ультрафиолет прекрасно проходит сквозь стекло и, стало быть, озону или гипотетической первоматерии нет надобности прорываться изнутри лампы — озон возникает из находящегося снаружи кислорода при фотолизе. И совсем нельзя сказать, что никто не обращает внимание на роль ультрафиолета в формировании озонового слоя — именно его и считают главным исполнителем.

С.М.Комаров



21-я международная
выставка химической
промышленности
и науки

ХИМИЯ

29.10–01.11.2018



**Иновации
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»



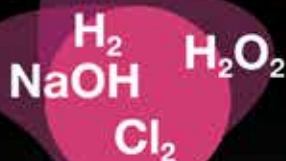
Skolkovo Startup
Challenge 2018

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



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 >